





SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

JAHRGANG 1890.

ZWEITER HALBBAND. JUNI BIS DECEMBER.

STÜCK XXVIII—LIII MIT DREI TAFELN, DEM VERZEICHNISS DER EINGEGANGENEN DRUCKSCHRIFTEN, NAMEN- UND SACHREGISTER.

BERLIN, 1890.
VERLAG DER KÖNIGLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.
IN COMMISSION BEI GEORG REIMER.

INHALT.

Inhalt.

1890.

XXVIII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

---

5. Juni. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Curtius.

1. Hr. Köhler las über die Diadochengeschichte Arrian's.

2. Hr. Conze erstattete den Jahresbericht über die Thätigkeit des Kaiserlich deutschen archaeologischen Instituts.

3. Hr. von Helmholtz berichtete von den Studien der HH. Prof. H. Kayser und Prof. C. Runge in Hannover über die Spectren der Alkalien.

Die beiden ersten Mittheilungen erfolgen im Sitzungsbericht; über die dritte folgt hier eine kurze Zusammenstellung der wichtigsten Resultate, die ausführliche Veröffentlichung wird in den »Abhandlungen« des laufenden Jahres geschehen.

4. Die philosophisch-historische Classe hat zu wissenschaftlichen Unternehmungen bewilligt: 3000 Mark für die Supplemente zum Corpus inscriptionum Latinarum; 1000 Mark zur Herstellung einer Prosopographie der römischen Kaiserzeit; 3000 Mark zur Fortführung des Corpus inscriptionum Graecarum; 5000 Mark zur Herausgabe der Commentatoren des Aristoteles; 6000 Mark zur Herausgabe der politischen Correspondenz und der Staatsschriften König Friedrich's II.; 3000 Mark zu ferneren Vorarbeiten zur Herausgabe einer Publication der antiken Münzen Moesiens und Thrakiens.

5. Die physikalisch-mathematische Classe hat zu wissenschaftlichen Unternehmungen bewilligt: 1500 Mark der Deutschen anato-

mischen Gesellschaft als Beihülfe zur Herausgabe einer einheitlichen anatomischen Terminologie; 1200 Mark an Hrn. Prof. Dames hierselbst zu einer geologischen Untersuchung der Insel Gotland und Dalekarliens; 1200 Mark an Hrn. Prof. Urban hierselbst zu einer Reise nach Paris zum Zweck des Studiums der dort befindlichen Exemplare der westindischen Flora; 1200 Mark an Hrn. Dr. F. Rinne hierselbst zur Untersuchung der mitteldeutschen Basalte; 1500 Mark an die Verlagsbuchhandlung von Max Cohen und Sohn in Bonn als Zuschuss zur Herausgabe der von Hrn. Prof. Nussbaum mit Unterstützung der Akademie ausgeführten Untersuchungen über die californischen Cirrhipedien; 450 Mark an die Buchhandlung Wilhelm Engelmann in Leipzig als Beihülfe zur Herausgabe eines Werks von Hrn. Dr. K. Schumann hierselbst über den Blüthenanschluss.

6. Hr. Auwers überreichte im Auftrage des Hrn. Prof. E. Holden, Directors des Lick Observatory, Mt. Hamilton, Cal., eine Positiv-Copie einer der Aufnahmen der totalen Sonnenfinsterniss vom 21. December 1889, welche der von der Sternwarte nach Cayenne entsandten Expedition gelungen sind.

7. Derselbe überreichte ferner die beiden ersten im Druck vollendeten Stücke des grossen Sterncatalogs der Astronomischen Gesellschaft: Zone 55° bis 65°, Helsingfors-Gotha, und Zone 1° bis 5°, Albany, und im Auftrage des Hrn. Prof. H. A. Schwarz in Göttingen dessen »Gesammelte mathematische Abhandlungen«.

8. Hr. David Gill, Director der Königlichen Sternwarte am Cap der Guten Hoffnung, wurde zum correspondirenden Mitglied der physikalisch-mathematischen Classe erwählt.

Über die Diadochengeschichte Arrian's.

Von U. Köhler.

Eine feinsinnige Untersuchung und eine glückliche Entdeckung haben neuerdings die Aufmerksamkeit auf den Historiker Arrian gelenkt. Heinrich Nissen hat die Alexandergeschichte des Mannes aus den litterarischen Strömungen und den geschichtlichen Ereignissen im Zeitalter der Antonine erläutert und danach die Entstehungszeit der Anabasis (um 166—168) bestimmt;[1] ein jüngerer Gelehrter, Hr. Reitzenstein, hat in einem Palimpsest des Vatican Stücke einer Diadochengeschichte aufgefunden und dem Werke Arrian's zugewiesen, welches den Titel τὰ μετὰ Ἀλέξανδρον führte und uns aus dem Auszug des Patriarchen Photios bekannt war.[2] Diese litterarischen Erscheinungen haben mich veranlasst, eine früher begonnene Untersuchung über die Diadochengeschichte Arrian's wieder aufzunehmen, deren Ergebnisse ich mir hier mitzutheilen erlaube.

Dass das Geschichtswerk, welches die Dinge nach Alexander behandelte, von Arrian später verfasst worden ist als die Alexandergeschichte, bedarf keines Beweises. Als Arrian die Anabasis abschloss, lag ihm der Gedanke, diese durch ein zeitlich sich anschliessendes Werk zu ergänzen, noch fern. Während in der Alexandergeschichte eine besondere Schrift über die Entdeckungsfahrt der makedonischen Flotte unter Nearchos in Aussicht gestellt wird (VI 28, 6), deutet nichts in derselben auf die Absicht hin, die Geschichte weiter zu führen. In dem letzten Buch der Anabasis ist nicht nur mehrfach über Dinge ausführlich gehandelt, auf welche der Verfasser in einer Darstellung der Begebenheiten nach dem Tode Alexander's zurückkommen musste; die Art und Weise, wie sich Arrian Beispiels halber mit den Überlieferungen über die weiteren Eroberungspläne und die letzten Bestimmungen des Königs abfindet, lässt darauf schliessen, dass er, als er die Anabasis zu Ende führte, mit den Quellen für die Geschichte

[1] Rhein. Mus. 1888 S. 236 ff.

[2] *Arriani* Τῶν μετ' Ἀλέξανδρον *libri septimi fragmenta, ed.* Ricardus Reitzenstein. Breslau 1888 (aus Bresl. philol. Abhandlungen Bd. III).

der Diadochenzeit noch nicht vertraut war. Als er später, sei es nun aus eigenem Antrieb oder auf Veranlassung befreundeter Leser der Anabasis, daran ging *τὰ μετὰ Ἀλέξανδρον* zu schreiben, setzte er sich die Rückkehr Antipater's aus Asien zur Grenze. Seit der Überführung der beiden Schatten-Könige, des stumpfsinnigen Philipp Arrhidaios und des Kindes der Roxane, nach Europa war die Auflösung des Werkes Alexander's, des Persisch-makedonischen Reiches, entschieden. Für Jemanden, der eine Ergänzung zur Alexandergeschichte schreiben wollte, bot sich die Heimkehr Antipater's als passender Abschnitt dar. Arrian hatte von Anfang an nicht die Absicht, die Darstellung weiter zu führen und eine Geschichte der Diadochen zu schreiben; er würde sich sonst über die Ereignisse nach dem Tode Alexander's kürzer gefasst und nicht mit der Geschichte von noch nicht drei Jahren zehn Bücher gefüllt haben.

Der kritische Standpunkt, den wir Arrian in der Alexandergeschichte einnehmen sehen, lässt darauf schliessen, dass er für die Zeit nach Alexander gleichfalls auf die zeitgenössische Überlieferung zurückgegangen ist und von den Darstellungen der Diadochengeschichte diejenige, welche ihm aus äusseren und inneren Gründen die bestbeglaubigte zu sein schien, seiner eigenen Darstellung zu Grunde gelegt hat. Man darf dies um so sicherer annehmen, da in beiden Fällen die Überlieferung ähnlich lag. Sowie sich die Tradition über die Geschichte Alexander's in die halbofficielle makedonische und die novellistisch gefärbte Vulgärtradition spaltete, lagen dem späteren Historiker auch für die Diadochenzeit zwei wesentlich verschiedene Darstellungen vor. Den Alexandergeschichten des Ptolemaios und Aristobulos entsprach die Diadochengeschichte des Hieronymos von Kardia, der, nachdem er ein halbes Jahrhundert hindurch Anfangs unter seinem Landsmann und vielleicht Verwandten[1] Eumenes und nach Eumenes' Tode unter Antigonos und dessen beiden nächsten Abkömmlingen als diplomatischer Unterhändler, im Felde und in der Verwaltung gedient hatte, im hohen Greisenalter die Summe seiner Erfahrungen in einem Geschichtswerke niederlegte, welches an Ausführlichkeit und Umständlichkeit, Sachlichkeit und Genauigkeit in der griechischen Historiographie vielleicht nur in dem Polybianischen Geschichtswerk seines Gleichen gehabt hat. Das Werk des Hieronymos hatte sein Gegenstück in der Darstellung der Diadochengeschichte in dem umfassenderen Geschichtswerk des Duris von Samos, der, nachdem er die peripatetische Gelehrtenschule durchgemacht hatte, es sich

---

[1] Die Vermuthung, Hieronymos sei ein Verwandter des Eumenes gewesen, gründet sich darauf, dass der Vater des Eumenes Hieronymos hiess (Arr. *Ind.* 18).

als Historiker nach seinem eigenen Geständniss zur Aufgabe stellte anschaulich und unterhaltend zu erzählen. Der Geschichtsschreiber, der sich für die Geschichte der Feldzüge Alexander's Ptolemaios und Aristobulos, für die Schrift über die Entdeckungsfahrt der makedonischen Flotte Nearchos zu Führern gewählt hatte, konnte, wo es sich um die Geschichte der Diadochenzeit handelte, zwischen Hieronymos und Duris nicht schwanken; aus der Vergleichung des erhaltenen Auszuges aus dem Werke τὰ μετὰ Ἀλέξανδρον mit den auf Hieronymos zurückgehenden Berichten bei Diodor ist längst geschlossen worden, dass der Darstellung Arrian's die Darstellung des Hieronymos zu Grunde lag. Aber es heisst die Arbeitsweise Arrian's verkennen, wenn von Manchen die Sache so aufgefasst worden ist, als wenn derselbe bloss die Darstellung des Hieronymos überarbeitet habe. Sowie Arrian in der Anabasis den Berichten der Begleiter und Mitstreiter Alexander's Berichte aus der Vulgärtradition als unbeglaubigt zur Seite gestellt hat, ebenso hat er unzweifelhaft in der Fortsetzung derselben mit den Berichten aus seiner Hauptquelle Nachrichten aus Duris und vielleicht noch aus anderen Nebenquellen verbunden. In dem erhaltenen Auszuge ist davon allerdings nichts zu merken. Aber auch in dem Auszuge aus der Anabasis hat Photios den Unterschied zwischen der beglaubigten und unbeglaubigten Tradition, der in dem Originalwerk gemacht ist, verwischt.

Fragmente aus dem Werke τὰ μετὰ Ἀλέξανδρον sind erhalten in einer der grammatisch-lexikalischen Schriften in den *Anecdota* von Bekker, welche überschrieben ist περὶ συντάξεως,[1] und bei Suidas. In dem Lexikon περὶ συντάξεως ist den aus verschiedenen Schriftstellern angeführten Stellen ausser dem Namen des Autors in vielen Fällen der Titel des Werkes mit oder ohne Buchzahl, aber auch die Buchzahl ohne den Titel beigefügt; namenlose Citate kommen vereinzelt vor. Von den Schriften Arrian's werden citirt die Alexandergeschichte (τὰ περὶ Ἀλέξανδρον) und die Fortsetzung derselben (τὰ μετὰ Ἀλέξανδρον); unter den titellosen Citaten aus Arrian ist keines, welches nach dem Inhalt einer anderen Schrift zugewiesen werden müsste. Man ist daher berechtigt anzunehmen, dass der Verfasser des Lexikons von den Schriften Arrian's nur die Alexandergeschichte und die Fortsetzung derselben vor sich gehabt hat, und dass folglich diejenigen von den angeführten Stellen, welche nicht in der Anabasis stehen oder etwa in der Lücke, die an einer Stelle den Text unterbricht, untergebracht werden können, aus dem Werk τὰ μετὰ Ἀλέξανδρον herrühren.

---

[1] *Anecdota Graeca* I S. 117.

Nicht so einfach liegt die Sache bei Suidas, welcher den von ihm angeführten Stellen den Titel des Werkes nur ausnahmsweise, häufig aber nicht einmal den Namen des Autors beifügt. Von den Schriften Arrian's nennt Suidas nur die Parthische Geschichte und auch diese bloss an einer Stelle, obwohl er nachweislich sowohl die Παρθικά wie auch die Anabasis und selbst die kleine Schrift über Indien und die Entdeckungsfahrt durch das rothe Meer ausgezogen hat. Hier liegt also die doppelte Aufgabe vor, aus den Fragmenten die Arrianfragmente und aus den Arrianfragmenten die Fragmente aus dem Werke τὰ μετὰ Ἀλέξανδρον auszuscheiden. Die Entscheidung muss nach Sprache und Inhalt getroffen werden.

Die Herausgeber des Suidas haben drei längere historische Artikel, welche Charakteristiken des Leonnatos, Krateros und Perdikkas enthalten, als Fragmente aus Arrian's τὰ μετ᾽ Ἀλέξανδρον bezeichnet. Die modernen Historiker haben die drei in jedem Falle merkwürdigen und werthvollen Stücke unbenutzt gelassen; nur Niebuhr hat in den Vorträgen über alte Geschichte (III. S. 68) die Charakteristik des Krateros, die ausführlichste von den Dreien, angezogen und ebenfalls auf Arrian zurückgeführt. Droysen, der die Nachrichten über die Diadochenzeit mit bewundernswürdiger Hingabe gesammelt hat, sind die Charakteristiken der drei makedonischen Strategen offenbar unbekannt geblieben, sowie er überhaupt das Lexikon des Suidas, welches auch für die spätere Diadochenzeit werthvolles, aber, nachdem Droysen daran vorübergegangen war, unberührt gebliebenes Material enthält, nicht ausgebeutet hat.

Das Urtheil der Herausgeber des Suidas erscheint, soweit der Inhalt der Fragmente in Frage kommt, als wohl begründet. Die drei Charakteristiken zeugen von vollster Personal- und Sachkenntniss und müssen aus einem Geschichtswerk stammen, welches auf zeitgenössische Quellen zurückging. Fasst man aber die sprachliche und stilistische Seite der Fragmente bei Suidas in's Auge, so wird man sich leicht überzeugen, dass diese Fragmente nicht aus einer Schrift Arrian's stammen. Die bekannten sprachlichen Eigenthümlichkeiten der historischen Werke Arrian's treffen für die Fragmente bei Suidas nicht oder nur zum Theil zu. An keiner Stelle findet sich ξύν statt σύν gebraucht nach der Weise Arrian's. Zwischen der durchsichtigen Breite des arrianischen Stiles und der gedrängten und sententiösen Kürze der Fragmente bei Suidas besteht ein Unterschied, der auch einem für stilistische Beobachtungen weniger geschulten Auge nicht verborgen bleiben kann.

Ungefähr hundert Jahre nach Arrian schrieb der Athener Dexippos sein Geschichtswerk über die Diadochenzeit. Über den Stil des

Dexippos urtheilt der kundige Photios folgendermaassen:[1] ἔστι δὲ τὴν φράσιν ἀπέριττός τε καὶ ὄγκῳ καὶ ἀξιώματι χαίρων καὶ ὡς ἄν τις εἴποι ἄλλος μετά τινος σαφηνείας Θουκυδίδης. Dieses Urtheil wird durch die erhaltenen Bruchstücke der Geschichtswerke des Dexippos bestätigt; namentlich in den Reden, welche in den Überresten der Konstantinischen Sammlungen erhalten sind, ist die bewusste Imitation der gedankenreichen Kürze des Thukydides handgreiflich. Aber auch für die drei Charakteristiken bei Suidas trifft das Urtheil des Photios vollständig zu. Ich betrachte es als unzweifelhaft, dass diese Charakteristiken aus der Diadochengeschichte des Dexippos stammen. Schwerlich aber hat Suidas, der Dexippos an mehreren Stellen citirt, die Charakteristiken aus dem Werke desselben selbst ausgezogen. Die Charakteristik des Krateros wenigstens bildete augenscheinlich in dem Originalwerk kein Ganzes, sondern ist aus mehreren Excerpten zusammengesetzt. Dieser Arbeit wird sich der fleissige, aber mechanisch arbeitende Suidas kaum unterzogen haben. Viel wahrscheinlicher ist es, dass er die Charakteristiken aus den Konstantinischen Sammlungen, die er nachweislich benutzt hat,[2] und zwar aus dem Abschnitt περὶ ἀρετῆς καὶ κακίας genommen hat, welcher eben Charakteristiken hervorragender Staatsmänner und Feldherrn enthielt.

Für die Sache macht es keinen wesentlichen Unterschied, ob die drei Artikel bei Suidas aus dem Geschichtswerk Arrian's oder aus demjenigen des Dexippos stammen. Nach dem Zeugniss des Photios stimmte Dexippos meist mit Arrian überein; offenbar war dies der Grund, weshalb Photios das Werk des Dexippos nur bis zur Satrapienvertheilung in Babylon ausgezogen hat. Aus der von Photios bemerkten Übereinstimmung zwischen Dexippos und Arrian hat man geschlossen, dass Dexippos ebenso wie Arrian die Diadochengeschichte des Hieronymos als Quelle gebraucht habe.[3] Ich kann mich diesem Urtheil nicht anschliessen. Aus der Aussage des Patriarchen war zunächst zu folgern, dass das Werk des Dexippos denselben Zeitraum umfasste wie das Werk Arrian's und wie dieses mit der Rückkehr Antipaters nach Makedonien abschloss; erwägt man ferner, dass es auch denselben Titel τὰ μετὰ Ἀλέξανδρον führte und nur vier Bücher zählte, so wird man sich der Annahme nicht entziehen können, dass Dexippos den von Arrian überlieferten Stoff in einer den Bedürfnissen und dem Geschmacke der Zeit entsprechenden Weise neubearbeitet hatte, und dass daraus die Übereinstimmung zwischen den beiden Autoren zu erklären ist. Die Ausführlichkeit, mit welcher Arrian die Ge-

[1] Photios *cod.* 82 Bkk.
[2] Vergl. Bernhardy S. LXI und de Boor im Hermes 1885 S. 327 ff.
[3] Vergl. Reuss, Hieronymos von Kardia S. 153.

schichte der drei ersten Jahre nach dem Tode Alexander's erzählt hatte, musste Viele von der Lectüre des Buches abschrecken; wenn Dexippos es unternahm diese Begebenheiten an der Hand seines Vorgängers mit Hinweglassung alles Nebensächlichen in kürzerer Fassung darzustellen, so konnte er glauben ein nützliches und willkommenes Werk zu thun. Wenn Photios aussagt Dexippos habe meist mit Arrian übereinstimmend berichtet, so folgt daraus zwar, dass er sich nicht sclavisch an seine Vorlage gebunden, nicht aber, dass er andere Quellen benutzt hatte. Die Charakteristiken der makedonischen Führer hat Dexippos natürlich bei Arrian gefunden. Leider sind die vorliegenden Excerpte äusserst nachlässig gemacht, ohne Rücksicht auf den Zusammenhang abgekürzt und wahrscheinlich durch Suidas und in der handschriftlichen Überlieferung noch mehr entstellt worden, so dass an manchen Stellen der Sinn nur errathen werden kann.

Die Fragmente und Excerpte, welche zur Ergänzung des Auszugs aus der Diadochengeschichte Arrian's dienen können, reichen von der Ordnung der Thronfolge in Babylon bis zum Tode des Regenten Perdikkas. Über die Vorgänge, die sich nach dem Tode Alexander's in Babylon abspielten, liegen uns vier Berichte vor, ein Reichthum, der allerdings bei näherem Zusehen sehr zusammenschrumpft. Ein ausgeführter Bericht steht am Schlusse der Alexandergeschichte des Curtius, welche bis zur Aufbahrung der Leiche des Königs geführt ist (X 6—10). Mit dem ausführlichen Bericht des Curtius stimmt der kürzer gefasste und durch Ungenauigkeiten entstellte Bericht in Justin's Epitome des Geschichtswerkes des Pompejus Trogus (B. XIII z. Anf.) im Ganzen überein, weicht aber im Einzelnen von demselben ab. Die Berichte bei Diodor (XVIII 1) und im Auszug aus Arrian sind summarisch. Der Auszug erwähnt eigentlich nur die στάσις im makedonischen Heere und die Beilegung derselben und zählt die vornehmsten Führer auf, welche dabei betheiligt waren. Über den Gang der Berathungen der Heerführer vor dem Ausbruche der στάσις macht auch Diodor keine Mittheilung. Die modernen Geschichtsschreiber der Diadochenzeit Mannert, Flathe, Droysen schlossen sich mehr oder weniger an Curtius an. Gegen dieses Verfahren erhob Adolph Schmidt in seiner bekannten Recension der Diadochengeschichte Droysen's Einsprache. Schmidt wiess auf den rhetorischen Charakter und die Widersinnigkeiten des bei Curtius vorliegenden Berichtes und die Widersprüche zwischen diesem Bericht und dem Bericht Justin's hin und kam zu dem Resultate, dass nur die aus Arrian und Diodor zu entnehmenden Thatsachen, der Gegensatz zwischen der Ritterschaft mit der Mehrzahl der Heerführer an der Spitze, welche die Entbindung der Roxane abwarten wollten, und dem Fussvolke, welches

den Halbbruder Alexander's als König anerkannte und von Meleager geführt wurde, wie die schliessliche Ausgleichung des Gegensatzes als historisch angesehen werden dürften.[1] Die Kritik SCHMIDT's hat die Wirkung gehabt, dass DROYSEN in der zweiten Auflage seines Werkes die Darstellung umgearbeitet hat, indem er sich auf den Standpunkt seines Recensenten stellte und namentlich die Nachrichten über die Verhandlungen im Synedrion der Heerführer als unverbürgt und unzuverlässig behandelte. Auch RANKE erklärt es für misslich die Thatsachen feststellen zu wollen. RANKE hat sich enger noch als seine beiden letzten Vorgänger an den Bericht Diodors als den einfachsten angeschlossen und diesen Bericht in einer ihm eigenthümlichen Weise gedeutet. Wie wichtig es für die kritische Frage gewesen wäre, zu wissen, was in dem Originalwerk Arrian's stand, liegt auf der Hand. Es lässt sich nachweisen, dass Arrian ebenso wie Trogus und Curtius ausführlich über die Berathungen der Heerführer berichtet hatte und dass sein Bericht mit Trogus gegen Curtius stand.

Die Widersprüche zwischen Curtius und Justin hängen näher oder entfernter mit den abweichenden Angaben über den Antheil zusammen, den Meleager an den Ereignissen hatte. Nach dem Bericht Justin's trat Perdikkas mit dem Vorschlage vor die versammelten Heerführer, den Erben des Reichs von der Entbindung der Roxane zu erwarten. Gegen den Vorschlag des Perdikkas erhebt sich Meleager: wozu die *dubios partus* abwarten? wolle man einen Knaben zum König, in Pergamon lebe Herakles, der Sohn Alexander's von der Barsine, wolle man einen Erwachsenen, der Halbbruder Alexander's Arrhidaios sei im Heere anwesend und allen bekannt. An dritter Stelle tritt Ptolemaios auf; sein Vorschlag geht dahin, das Synedrion der Heerführer soll selbst die Regierung in die Hand nehmen, aus seiner Mitte Statthalter in den Provinzen mit Civil- und Militairgewalt ernennen. Die Versammlung entscheidet sich für den Vorschlag des Perdikkas; ein vierköpfiger Regentschafts- und Vormundschaftsrath wird eingesetzt und von der Ritterschaft anerkannt. Das Fussvolk lehnt sich gegen die ohne sein Zuthun gefassten Beschlüsse über die Thronfolge auf und will Arrhidaios zum König machen; die Feldherrnpartei schickt hierauf eine Deputation an dass Fussvolk — Justin spricht ungenau von zwei Deputirten; dass die Zahl grösser war, ergiebt sich aus Diodor und stand unzweifelhaft auch in dem Originalbericht des Trogus; Meleager, der zur Deputation gehört, stellt sich an die Spitze der aufrührerischen Phalangiten. Als hierauf das

[1] AD. SCHMIDT, Abhandlungen zur alten Geschichte S. 159ff.

Fussvolk in die Burg eindringt, um seinen Willen durchzusetzen, zieht sich die Gegenpartei zurück und lagert sich ausserhalb Babylons.

Anders tritt Meleager bei Curtius auf. Er kommt hier nicht als Deputirter zum Fussvolk, sondern wiegelt während der Berathung der Heerführer die Phalangiten, welche sich nach diesem Berichte in den Versammlungssaal in der Burg von Babylon eingedrängt hatten, auf. Meleager stellt auch keinen Antrag in der Versammlung; an seiner Stelle tritt als zweiter Redner Nearchos auf; dieser schlägt nicht Arrhidaios, sondern den Sohn der Barsine vor, der in der Rede Meleagers bei Justin nur genannt ist um die Wahl auf Arrhidaios zu lenken. In diesem Bericht tritt nach Ptolemaios noch Aristonus auf und schlägt vor Perdikkas als Nachfolger Alexander's anzuerkennen; gegen den Vorschlag des Aristonus erhebt sich Meleager und fordert die anwesenden Phalangiten auf ihm zu folgen und sich ihren Antheil an der asiatischen Beute zu sichern. In der Versammlung des Fussvolks, welche hierauf abgehalten wird, wird von einem Unbekannten zuerst der Name des Arrhidaios genannt; die Versammlung stimmt zu und Meleager übernimmt es als Führer des Fussvolks die Rechte des gewählten Königs zu schützen. Unterdessen war in der Versammlung der Heerführer die Regentschaft eingesetzt worden. In der Burg kommt es hierauf zu einem förmlichen Kampf zwischen der Ritterschaft und dem Fussvolk, der damit endigt, dass die Feldherrenpartei die Stadt räumt. Nach dem Bericht Justins handelte Meleager als wortbrüchiger Verräther. Nach dem bei Curtius vorliegenden Bericht war er von dieser Schuld rein.

In dem Lexicon *περὶ συντάξεως* (S. 179, 25 Bkk. *s. v.* *ψευσθῆναι*) findet sich das Citat: *Ἀῤῥιανὸς πρώτῳ· »εἰ δὲ ψευσθείημεν τῆς ἐπὶ τῷ παιδὶ τοῦ Ἀλεξάνδρου προσδοκωμένης ἐλπίδος.«* Die citirten Worte stammen offenbar aus dem Bericht Arrian's über die Berathung der Heerführer, und zwar müssen sie in der Rede des Meleager gestanden haben. Sie würden an sich zwar auch in der Rede des Nearchos gestanden haben können. Allein in der Aufzählung der Heerführer in dem Auszug des Photios ist Nearchos nicht genannt. Daraus ist zu schliessen, dass der Originalbericht keine Rede des Mannes enthielt. Nearch war vermählt mit einer Tochter der Barsine; damit hängt es vermuthlich zusammen, dass ihm in dem bei Curtius vorliegenden Bericht der Vorschlag den Sohn der Barsine als Erben Alexander's anzuerkennen, in den Mund gelegt ist. Dass Nearch in der Versammlung der Heerführer aufgetreten wäre, könnte man zur Noth hingehen lassen, da Nearch, obwohl seiner Herkunft nach ein Grieche, in Makedonien naturalisirt und in Amphipolis domicilirt war; er wird in dem Verzeichniss der Trierarchen auf der Indosflotte

unter den Makedoniern aufgeführt (Arr. *Ind.* 18). Aber unmöglich konnte er für den Sohn der Barsine auftreten.

Die Sachlage nach dem Ableben Alexander's war die verworrenste, nicht allein wegen der Unsicherheit der Thronfolge, sondern auch und mehr noch wegen der im makedonischen Heere lebendigen Gegensätze und Bestrebungen. Wurde im Kreise der Heerführer über die Thronfolge berathen, so musste neben dem erwarteten Sohne der legitimen Königin Roxane Arrhidaios in Frage kommen; des Sohnes der Barsine, eines Kindes und der Frucht einer Laune Alexander's, konnte höchstens gedacht werden. Tiefer blickende und von Ehrgeiz nicht verblendete Männer mussten damals schon die Auflösung des Alexanderreiches voraussehen. Zu diesen Männern gehörte unzweifelhaft Ptolemaios, der, nachdem ihm bei der Neuvertheilung der Satrapien die aegyptische Statthalterschaft zugefallen war, nicht beirrt durch höher fliegende Pläne, mit zäher Consequenz darauf bedacht war, sich Aegypten ganz und voll zum Eigenthum zu machen. Was Ptolemaios nach den vorliegenden Berichten in dem Rathe der Heerführer vorschlug, war nicht die Auflösung des Alexanderreiches, aber es war der erste vorbereitende Schritt dazu.[1] Gesetzt, es wäre uns nur die Thatsache der Berathung der Heerführer bezeugt und ein moderner Historiker hätte es unternommen, nach dem, was wir über die definitive Ordnung der Thronfolge und den Antheil, welchen Perdikkas, Meleager, Ptolemaios an den späteren Ereignissen hatten, wissen, den Verlauf der Berathung zu ermitteln, so würde das Ergebniss dieser combinatorisch-divinatorischen Thätigkeit vermuthlich dem von Justin Berichteten nahe gekommen sein. Hat vielleicht schon ein Historiker des Alterthums so combinirt und seine Combination für Geschichte ausgegeben?

Diese Hypothese würde nur dann eine Berechtigung haben, wenn anzunehmen wäre, dass es keinen verbürgten Bericht gegeben habe. In Wirklichkeit ist das Gegentheil der Fall. Eumenes, der Gönner und Freund des Historikers Hieronymos, wird in dem Auszuge aus Arrian unter den Heerführern genannt; nach glaubhafter Überlieferung war er bei der Aussöhnung der beiden Heeresabtheilungen vermittelnd im Interesse der Feldherrnpartei thätig. Es ist kaum zu bezweifeln,

---

[1] In dem kurzen Abriss des Lebens des Ptolemaios Soter bei Pausanias (I 6, 2) heisst es von Ptolemaios: τελευτήσαντος δὲ Ἀλεξάνδρου τοῖς ἐς Ἀριδαῖον τὸν Φιλίππου τὴν πᾶσαν ἄγουσιν ἀρχὴν ἀντιστὰς αὐτὸς μάλιστα ἐγένετο ἐς τὰς βασιλείας αἴτιος τὰ ἔθνη νεμηθῆναι. Das geht auf die Tradition über die Berathung der Heerführer und zwar auf den bei Justin erhaltenen Bericht zurück, nach welchem Ptolemaios gegen den Vorschlag Meleager's Arrhidaios als Nachfolger Alexander's anzuerkennen auftrat. Die Stelle ist von Droysen angeführt, aber ihre Beziehung nicht erkannt worden.

dass er bei den Verhandlungen der Heerführer zugegen gewesen ist, wenn er auch als Grieche gewiss keinen activen Antheil an denselben genommen hat. Nichts konnte Eumenes davon abhalten, seinem Vertrauten Hieronymos über den Verlauf der Berathung Mittheilungen zu machen, ebensowenig konnte Hieronymos Grund haben ein Menschenalter später mit den ihm gemachten Mittheilungen zurückzuhalten. Niemand wird glauben, dass wir aus den überlieferten Berichten ein vollständiges Bild der gewiss nicht gleichmässig verlaufenen Berathungen in der Königsburg gewinnen können; was uns aber ganz abgeht, ist die Kenntniss der geheimen Verhandlungen und Abmachungen zwischen den Vornehmsten unter den Heerführern, welche neben den officiellen Berathungen hergegangen sein müssen. Eumenes, der Vielgewandte, von allen Parteien Umworbene, war gewiss auch in diese geheime Geschichte vollständig eingeweiht; ob er Hieronymos Mittheilungen aus derselben gemacht hat, ist mindestens zweifelhaft; als sicher ist anzusehen, dass Hieronymos in seinem Geschichtswerk nichts darüber berichtet hatte. Hier könnte also nur Divination helfen; für den äusseren Verlauf der officiellen Berathungen hat man sich an die Überlieferung zu halten; die divinatorische Thätigkeit hätte davon auszugehen. Dass das Geschichtswerk des Hieronymos bis zum Tode Alexander's zurückreichte und die Ereignisse in Babylon mit umfasste, lässt sich zwar nicht beweisen, wird aber mit Recht allgemein angenommen.

In dieselbe Gegend wie das oben besprochene gehören einige andere Fragmente, welche bestätigen, dass Arrian über die Vorgänge in Babylon ausführlich und übereinstimmend mit dem von Justin ausgezogenen Bericht des Trogus gehandelt hatte. Suidas (*s. v.* *γνώμη*) citirt aus Arrian: *ὅτῳ θεία μὲν ἡ γνώμη περιόντι, εἰς θεοὺς δὲ ἡ μεταχώρησις.* Das bezieht sich auf Alexander, von dessen Apotheose es fast gleichlautend an einer Stelle der Anabasis (VII 27,3) heisst: *ὅτι ἐκ θεοῦ τε αὐτῷ ἡ γένεσις ξυνέβη καὶ παρὰ θεοὺς ἡ ἀποχώρησις.* Die von Suidas citirten Worte standen augenscheinlich in einer Rede, in welcher der Verlust des abgeschiedenen Königs als unersetzlich geschildert wurde, ein passender Eingang für die Rede des Perdikkas, mit welcher dieser die Berathung der Heerführer eröffnete.

Ebenfalls von Suidas (*s. v.* *ἀφηλικέστερος*) und unter dem Namen Arrian's werden die Worte angeführt: *παιδὸς γὰρ ἐκείνου ἀφήλικος ἐπιτροπεύσειν τε αὐτοὺς μέλλειν*[1] *καὶ ὑπὸ τῷ*[2] *ἐκείνου προσχήματι πᾶν ὅτιπερ καθ' ἡδονήν σφισι πράξειν ἐς τοὺς ὑπηκόους.* Das in den HSS. durch Text-

---

[1] *αὐτοῖς μέλλον* *codd.* *αὐτοὶ ἔμελλον* Bernh. Bkk.

[2] *τῶν* *codd.* *τῷ* Bernh.

verderbniss entstellte Citat ist aus einer Ansprache genommen, welche an die Versammlung des Fussvolkes gerichtet war. Als Subject zu *μέλλειν* hat man sich die von den Heerführern auf den Antrag des Perdikkas ernannten Regenten zu denken; diesen wird die Absicht imputirt, als Vormünder des Kindes der Roxane ein persönliches Regiment zu führen. Arrian hatte den Inhalt der Ansprache in indirecter Rede gegeben.

Die Darstellung der Ereignisse, die auf den Tod Alexander's folgten, in der Epitome aus Trogus und bei Curtius beginnt mit einer Schilderung des Eindruckes, welchen das Ableben des Königs in Babylon hervorbrachte. Ein ähnlicher Stimmungsbericht scheint bei Arrian gestanden zu haben. Anfangs herrschte dumpfe Stille; *triste apud omnes tota Babylonia silentium fuit* heisst es bei Justin, *velut in vasta solitudine omnia tristi silentio muta torpebant* bei Curtius; *σιγὴ δὲ ἦν βαθυτέρα πάσης ἐρημίας* in einem von Suidas (*s. v. σιγηλός*) ohne Namen des Autors überlieferten Fragment. Mit dem bei Suidas erhaltenen Fragment verbinde ich ein Citat, welches unter Arrian's Namen in dem syntaktischen Lexikon (S. 139, Z. 10) steht: *ἔν τε οὐδὲν ἐδόκει ἀπεῖναι τῶν ἑαλωκυίᾳ ἤδη πόλει ξυμφερομένων.* Nach Curtius' Schilderung brachten die Makedonier die Nacht nach dem Tode ihres Königs im Gefühl der Unsicherheit der Lage unter den Waffen zu, während die Babylonier sich in ihren Häusern eingeschlossen hielten und nicht einmal Licht anzuzünden wagten. Stand Ähnliches bei Arrian, so war der Vergleich mit einer soeben eroberten Stadt gerechtfertigt. Die Art, wie die Makedonier den Tod Alexander's aufnahmen, wird von Justin und Curtius verschieden angegeben; Curtius' Bericht ist ferner rhetorisch ausgemalt; trotz dieser Abweichungen erkennt man einen gemeinsamen Grundstock. Hieronymos war zwei Jahre nach dem Tode Alexander's bei Eumenes; er diente ihm im Jahre 320 als Unterhändler bei Antipater und Antigonos. Daraus ist zu schliessen, dass Hieronymos in den makedonischen Kreisen kein Neuling mehr und schon längere Zeit bei dem Heere in Asien war. Es würde schwer zu erklären sein, wenn er den Erinnerungen, welche das Ereigniss des Todes Alexander's in der Seele Aller, die damals in Babylon anwesend waren, zurückgelassen haben muss, in seinem Geschichtswerk keine Worte geliehen hätte.

Ich lasse hier das Excerpt folgen, welches sich auf Leonnatos bezieht (Suid. u. d. Namen): *Λεοννάτος στρατηγὸς Μακεδονίας κατὰ γένος προσήκων τῇ Φιλίππου μητρί, συντραφεὶς δὲ Ἀλεξάνδρῳ κατὰ τὸ τῆς τροφῆς ἐπιτήδειον καὶ τοῦ γένους καὶ κατὰ μέγεθος μέντοι καὶ κάλλος τοῦ σώματος τιμῆς μετεῖχεν. ὅθεν αὐτῷ καὶ ζῶντος Ἀλεξάνδρου τό τε φρόνημα ὑπέρογκον ἦν, καί τις ἀβρότης Περσικὴ κατά τε τὴν ὅπλων λαμπρότητα καὶ τὴν ἄλλην δίαι-*

ταν εἰς τὴν τῶν πολεμίων οὐκ ἀφανῶς ἐπετηδεύετο. τελευτήσαντος δὲ Ἀλεξάνδρου καὶ ζῆλον ἐποιεῖτο, εἰκάζων αὐτὸν πρὸς τὰ βασιλικὰ τῷ τε ἀφέτῳ καὶ ἀνειμένῳ τῆς κόμης καὶ τῇ ἄλλῃ κατασκευῇ, ἣ οὐ πρόσω τοῦ Περσικοῦ τρόπου ἤσκητο αὐτῷ. ἵπποι τε Νισαῖοι, οἱ δὲ Φάσιδος ἄπο, χρυσοχάλινοι σύμπαντες, προετετάχατο τῆς τάξεως, ἐκπρέποντες τοῖς καλλωπίσμασι. ἐπήγνυντο δὲ αὐτῷ καὶ σκηναὶ μεγαλοπρεπεῖς καὶ ὅπλα κάλλει ὑπερφέροντα ... εἵπετο καὶ τὸ τῶν ἑταίρων ἄγημα.

Es ist kein günstiges Urtheil, welches in dieser Schilderung über Leonnatos gefällt wird. Seine Ehrenstellung verdankte er der Verwandtschaft und der Jugendfreundschaft mit Alexander; damit werden ihm persönliche Verdienste abgesprochen. Aber man darf dieses harte Urtheil nicht für einseitig oder ungerecht halten. In der Geschichte der asiatischen Feldzüge wird Leonnatos einige Male in der Umgebung Alexander's erwähnt; erst am Ende des indischen Feldzuges finden wir ihn mit einem selbstständigen Commando beauftragt. Alexander liess ihn im Lande der Oreiten zurück; er sollte die widerspenstigen Eingeborenen zum Gehorsam gegen den über das Land gesetzten Satrapen bringen, eine Aufgabe, der er sich zur Zufriedenheit des Königs entledigte. Aber schon in Aegypten hatte ihn Alexander zum Leibwächter ernannt und ihm dadurch die höchste Ehrenstellung in seiner Umgebung verliehen. In der Eumenesbiographie wird Leonnatos als heftig, unbeständig und unzuverlässig charakterisirt,[1] Eigenschaften, welche für den durch den Zufall der Geburt und die Gunst des Herrschers zu Ehren Gekommenen ebenso bezeichnend sind, wie sie an dem verdienstvollen Feldherrn befremden würden. Die Charakteristik Leonnat's, welche Arnold Schäfer gegeben hat, würde anders ausgefallen sein, wenn Schäfer das bei Suidas erhaltene Excerpt zu Rathe gezogen hätte.[2] Die Nachricht, dass Leonnatos mit der Mutter Philipp's II., der Eurydike, verwandt war, findet sich nur bei Suidas; Leonnatos stammte also von dem Fürstengeschlecht der Lynkesten ab. Curtius nennt da wo er von der Einsetzung der Regenten durch die Heerführer berichtet (X 7, 8) Leonnatos und Perdikkas *stirpe regia genitos;* daher vermuthete Droysen, Leonnatos sei aus einer Seitenlinie des Königshauses gewesen. Da Perdikkas seine Heimath in der Orestis hatte, ist angenommen worden, Perdikkas habe dem Fürstengeschlecht dieser Landschaft angehört. Wahrscheinlich hing das Fürstengeschlecht der Oresten ebenso wie das der Lynkesten verwandtschaftlich mit dem Königshause der Argeaden zusammen. Es ist nicht unwichtig für die ältere makedonische Geschichte zu wissen, dass der hohe makedonische

[1] Plut. *Eum.* 3 Λεοννάτον ἔμπληκτον ὄντα καὶ φορᾶς μεστὸν ἀβεβαίου καὶ ὀξείας.

[2] Schäfer Demosthenes III² S. 378 vergl. S. 70. Droysen hat es unterlassen, eine Charakteristik des Mannes zu geben.

Adel in verwandtschaftlichen Beziehungen stand zu dem regierenden Hause. Auch Ptolemaios und Antigonos waren durch Seitenlinien mit dem Königshause verwandt.[1] Seit der Annexion der Fürstenthümer in Obermakedonien an das makedonische Königreich gehörten die Mitglieder der depossedirten Fürstengeschlechter zum hohen makedonischen Adel.

Der letzte Theil des Excerptes erregt sowohl durch den Inhalt wie durch die Form Anstoss. Die nachträglichen Aussagen über den Luxus, den Leonnatos mit Pferden und anderen Dingen trieb, sehen sehr danach aus, als wenn sie aus der Nebenquelle Arrian's stammten. Nach ὅπλα κάλλει ὑπερφέροντα scheint im Text etwas ausgelassen zu sein; die Beziehung der letzten Worte εἵπετο καὶ τὸ τῶν ἑταίρων ἄγημα ist unklar. Wenn die Worte an der Stelle, an der sie stehen, nicht sinnlos sein sollen, so müssen sie bedeuten: die Hetairen des Agema folgten dem Beispiel, welches ihnen Leonnatos gab. Ist diese Erklärung richtig, so folgt aus der Stelle, dass Leonnatos zur Zeit des Todes Alexander's die Leibschwadron der Ritterschaft anführte. Dieses Commando hatte bis zum Jahre 330 der schwarze Kleitos; wer an Kleitos Stelle trat, als dieser zum Hipparchen ernannt wurde, ist in der Alexandertradition nicht überliefert.

Die Nachrichten über die Herkunft des Leonnatos und sein Verhältniss zu Alexander standen bei Arrian wohl ebenso wie die Notiz bei Curtius in dem Bericht über die Einsetzung der vier Regenten durch die Heerführer, also im ersten Buche. Die Disposition der Diadochengeschichte nach Büchern ist nicht mit Sicherheit nachzuweisen. Photios hat in dem von ihm gemachten Auszug nur den Anfang des sechsten und des zehnten Buches notirt. Das fünfte Buch schloss mit der Niederwerfung des Aufstandes in Griechenland, aber der Bericht über die Hinrichtung der athenischen Redner, welche sachlich und zeitlich zum lamischen Kriege gehört, stand im Anfang des sechsten Buches. Das neunte Buch reichte bis zur Rückkehr Antipater's nach Kleinasien, das zehnte und letzte Buch begann mit den Rüstungen des Eumenes und der übrigen zum Tode verurtheilten Parteigänger des Perdikkas. Nach diesen Proben zu urtheilen war die Diadochengeschichte Arrian's ebenso wenig wie seine Alexandergeschichte nach einem durchdachten Plan angelegt; in beiden Werken war der Stoff weniger nach dem Inhalt als nach dem Umfang in Bücher eingetheilt. Die paar mit den Buchzahlen versehenen Citate führen auch nicht weit. Aus dem zweiten Buch sind zwei Citate, beide in dem syntaktischen Lexikon überliefert. Das Eine steht unter dem Eigennamen Sisines (S. 173, 29 ff.): Σισίνης, Σισίνου κλίνει τὸ ὄνομα Ἀρριανός. ἐχρή-

[1] Vergl. v. Gutschmid, Die makedonische Anagraphe S. 109.

σατο αὐτῷ ἐν πάσῃ τῇ πραγματείᾳ τετραχῶς. Σισίνης δὲ ὁ Φραταφέρνου παῖς. ἐν μόνῳ δὲ τῷ δευτέρῳ λόγῳ εὑρέθη τὸ ὄνομα μετὰ Ἀλέξανδρον. Die Anabasis kennt zwei Männer Namens Sisines: einen Perser aus der Umgebung des Dareios (genannt I 25, 3 und 4) und den Sohn des von Alexander bestätigten Satrapen von Parthien und Hyrkanien Phrataphernes (VII 6, 4). Der in der Diadochengeschichte erwähnte Sisines muss, wenn es in dieser Zeit nicht einen dritten Sisines gegeben hat, der Sohn des Phrataphernes sein; das Citat stimmt, wenn ich nicht irre, aus dem Bericht über den Krieg gegen die aufständischen griechischen Colonisten von Baktrien. Der neuernannte Statthalter von Medien Peithon war vom Reichsverweser angewiesen worden, Truppen von den Satrapen der benachbarten Provinzen für den Krieg zusammenzuziehen. Peithon muss der Sachlage nach in der Gegend von Hyrkanien mit den heimwärts ziehenden Colonisten zusammengetroffen sein. Allerdings gehörte Sisines zu den Rekruten, welche sich nach der Rückkehr Alexander's vom indischen Feldzuge in Susa versammelten und in das stark geschwächte makedonische Heer aufgenommen wurden; seine vornehme Abkunft hatte ihm den Eintritt in das Agema der Hetairen eröffnet. Aber die Reorganisation des Heeres, welche Alexander in der letzten Zeit seines Lebens beschäftigte, scheint durch seinen Tod nicht allein unterbrochen, sondern rückgängig gemacht worden zu sein; es lag in der Natur der Sache, dass die Söhne der persischen Grossen, welche der makedonische Adel nach dem Willen des Königs in seine Reihen hatte aufnehmen müssen, nachdem dieser Wille aufgehört hatte zu walten, wieder aus dem Heere ausschieden. Aus dem Bericht über den Krieg gegen die Colonisten scheint auch das andere Citat aus dem zweiten Buche der Diadochengeschichte zu stammen. Durch Verrath gelang es Peithon die Oberhand im Kampfe gegen die Aufständischen zu gewinnen, welche hierauf den Widerstand aufgaben und sich bereit erklärten der Aufforderung Peithon's Folge zu leisten und in ihre letzten Wohnsitze zurückzukehren. Das Citat lautet (*Anecd.* S. 131, 19) γνωσιμαχῶ· ἅπαξ ἐχρήσατο Ἀῤῥιανὸς ἐν πάσῃ τῇ πράξει αὐτοῦ, ἐν δευτέρῳ τῶν μετ' Ἀλέξανδρον »οἱ δὲ γνωσιμαχήσαντες ὑπέδυσαν τὰ ἐπαγγελλόμενα«. Das Verbum γνωσιμαχεῖν war nicht ἅπαξ λεγόμενον bei Arrian, wie das Citat bei Suidas unter γνωσιμαχῆσαι beweist. Aber in der Anabasis kommt das Wort allerdings nicht vor. Der Grammatiker, welcher das Material für das syntaktische Lexikon gesammelt hat, kannte oder benutzte von den Schriften Arrian's eben nur die Anabasis und die Fortsetzung derselben, die Bücher τὰ μετὰ Ἀλέξανδρον. Diese beiden Schriften werden in dem Lexikon als eine πραγματεία oder ein Geschichtswerk im weiteren Sinne zusammengefasst, mit anderen Worten, sie waren in einem und

demselben Codex vereinigt, wie das ja auch ganz angemessen war.[1] Wie Arrian die Grenze zwischen dem ersten und zweiten Buche gezogen hatte, ist nicht auszumachen. Aus dem Bericht über die Lustration des Heeres, welche Perdikkas dazu benutzte, die Rädelsführer der Empörung gegen die Beschlüsse der Heerführer und der Ritterschaft, aus dem Wege zu räumen, scheint ein von Suidas (*s. v.* δεῖμα) unter Arrian's Namen überliefertes Fragment herzurühren: τοσόνδε αὐτοὺς δεῖμα ὡς προσαγόντων δεινῶν (l. δεινῶς) κατέσχεν, ὥστε μὴ δύνασθαι ἀποστῆσαι τῆς ἐκπλήξεως.

Aus dem dritten Buch der Diadochengeschichte (Ἀῤῥιανὸς τρίτῳ) werden in dem syntaktischen Lexikon (S. 170, 16 u. πολιτεύω) die Worte citirt: ὑμῖν δὲ τοὺς πατρίους νόμους ἀποδοὺς ἐν ἐλευθερίᾳ πολιτεύειν ἀπέδωκεν. Es ist von einer griechischen Stadt die Rede, welcher Alexander die πάτριοι νόμοι, d. h. die Demokratie zurückgegeben hatte, also von einer Stadt im Osten des ägeischen Meeres. Die anonyme Stadt war vom Reiche abgefallen; Gesandte sollten sie zur Treue zurückrufen. Ohne Zweifel hat es sich nach dem Tode Alexander's in mehr als einer von den griechischen Städten im Osten gerührt, welche sich als nominelle Verbündete dem in der Bildung begriffenen persisch-makedonischen Reich hatten anschliessen müssen. Aber in der Überlieferung wird nur der Abfall von Rhodos erwähnt, welches eine makedonische Besatzung vertrieb, Rhodos aus dem einfachen Grunde, weil es sich unabhängig behauptete und durch die Vertreibung der fremden Besatzung den Grund legte zu seiner späteren Machtstellung als neutraler Handels- und Seestaat. Ich beziehe das Fragment aus dem dritten Buch Arrian's auf die Verhandlungen makedonischer Gesandter mit den Rhodiern.[2] Während die asiatischen Völker in dem Tode Alexander's nur einen Wechsel der Herrschaft sahen, regte sich unter den Griechen überall der angeborene Freiheitssinn, am stärksten natürlich auf der griechischen Halbinsel, wo Athen die Führung in dem Kampfe gegen die makedonische Herr-

[1] Photios hat den Bericht über den Krieg gegen die Colonisten übergangen, ebenso wie Justin. Der Bericht ist erhalten bei Diodor XVIII 7 und stand bei Trogus, s. *prol. lib.* XIII.

[2] Über die Vertreibung der makedonischen Besatzung aus Rhodos Diodor XVIII 8; Photios hat die Thatsache übergangen. Nach Curtius (IV 5, 9) übergaben die Rhodier nach der Schlacht bei Issos, welche Alexander zum Herrn auf dem ägeischen Meere machte, dem Sieger *urbem portusque* (vergl. Arr. *Anab.* II 20, 2 und Justin. XI 11, 1); die Angabe desselben Schriftstellers (IV 8, 12), die Rhodier hätten während des Aufenthaltes Alexander's in Aegypten die Entfernung der makedonischen Besatzung aus ihrer Stadt erbeten und bewilligt erhalten, ist in ihrem zweiten Theil ungenau. Dass die makedonischen Gesandten die Beschränkung der rhodischen Freiheit, welche in der Anwesenheit einer makedonischen Besatzung lag, ignoriren, kann keinen Anstoss erregen.

schaft übernahm. Die Berichte Diodor's und Justin's über den hellenischen Krieg knüpfen an das Edict von Olympia und die Anwesenheit des von Alexander abgefallenen Satrapen Harpalos in Athen an; der Auszug aus den Berichten Arrian's bei Photios ist so kurz, dass er für uns keinen Werth hat. Auf die Anwesenheit des Satrapen in Athen bezieht sich ein im syntaktischen Lexikon überliefertes Fragment (S. 145 Z. 18 u. ἐκπολεμῶ): αὐτὸς δὲ ἐς Ἀθήνας ἐλθὼν ὡς ἐκπολεμώσων τοὺς Ἀθηναίους πρὸς Ἀλέξανδρον; sein Geschwader hatte Harpalos, nachdem ihm die Einfahrt in den Hafen von Piräus verweigert worden war, bis auf zwei Schiffe, welche, wie wir aus den athenischen Werfturkunden gelernt haben, später der athenischen Flotte einverleibt wurden, bei Kap Tainaron zurückgelassen. Das Fragment ist namenlos überliefert, gehört aber gewiss Arrian an.[1] Die Absicht, welche Harpalos nach Athen führte, die Athener zum Krieg gegen Alexander aufzuwiegeln, ist sonst nicht so bestimmt ausgesprochen wie in diesem Fragment. Mit den in Athen gebliebenen harpalischen Schätzen warb Leosthenes die Söldner, welche Athen nach Alexander's Tode im Kriege gegen Antipater in's Feld stellte. Über Leosthenes handelt ein bei Suidas unter dem Namen überliefertes Excerpt: Λεωσθένης στρατηγὸς Ἀθηναίων. οὗτος ἐν τῷ πρὸς τοὺς Μακεδόνας πολέμῳ προθυμίᾳ χρησάμενος τοῦ καιροῦ προθυμοτέρᾳ καὶ τῇ παραπεσούσῃ εὐπραγίᾳ κατὰ τῶν πολεμίων ἐπεξιὼν τήν τε ἐμβολὴν ἀφειδῆ ποιεῖται, καὶ λίθῳ πληγεὶς πρὸς τὴν κεφαλὴν ἀφυλάκτως ἐπὶ τῆς παρατάξεως πίπτει. Das Excerpt rührt offenbar aus einer guten Quelle her; auch wenn nicht die fast wörtliche Übereinstimmung in dem auf den Fall des Leosthenes bezüglichen Theil mit dem Bericht Diodor's wäre, würde man an Arrian denken müssen.[2] Allein das Urtheil über Leosthenes, welches darin enthalten ist, ist unzutreffend. Es war verhängnissvoll für die am Aufstand betheiligten Staaten, dass sie im Anfang des Krieges siegreich waren; die Griechen wurden dadurch übermüthig gemacht und das *vae victis* Antipater's fiel später um so härter aus. Aber Leosthenes musste, wenn der unzeitige Aufstand überhaupt einen Sinn haben sollte, kühn vorgehen und rasch entscheidende Erfolge zu gewinnen suchen. Die Ausführung des Wallgrabens, durch welchen er Antipater, nachdem er ihn hinter die Mauern von Lamia zurückgetrieben hatte, von der Verbindung mit der Aussenwelt abschneiden wollte, zog sich in die Länge; φυλακαὶ δέ, wie es in einem

---

[1] Man hat das Fragment unter die anonymen Rednerfragmente aufgenommen; Sauppe *OA* II, S. 346. Das Fragment braucht übrigens nicht aus der Diadochengeschichte zu stammen, es kann an der lückenhaften Stelle der Anabasis (VII, 12) gestanden haben, in welcher über die Flucht des Harpalos aus Asien berichtet war.

[2] Diodor XVIII, 13: ὁ Λεωσθένης ... πληγεὶς εἰς τὴν κεφαλὴν λίθῳ .. ἔπεσε.

Fragment aus Arrian (Suid. u. διάλειμμα), welches hierher gehören wird, heisst, ἐπὶ τὰ διαλείποντα τῆς τάφρου ἐτετάχατο. Als Antipater einen Ausfall machte, um zu verhindern, dass sich der Ring um ihn schlösse, warf sich ihm Leosthenes entgegen; der Ausfall wurde zurückgeschlagen, aber Leosthenes bezahlte den Erfolg mit dem Leben. Der Bericht Diodor's über die Belagerung von Lamia ist weitschweifig und confus; Justin (XIII, 5) lässt wohl nur um des grösseren Effectes willen den griechischen Führer ohne Kampf durch ein von der Ringmauer der Stadt geschleudertes Geschoss getödtet werden.

Aus Diodor ist zu schliessen, dass der hellenische Krieg in der Hauptquelle Arrian's in drei gesonderten Abschnitten dargestellt war, von denen der erste bis zum Tode des Leosthenes, der zweite bis zur Aufhebung der Belagerung von Lamia und dem Sieg der Griechen über den nach seinem Austritt aus der Regentschaft zum Satrapen von Kleinphrygien ernannten Leonnatos reichte. Zwischen dem ersten und zweiten Abschnitt stand der thrakische Aufstand, zwischen dem zweiten und dritten der kappadokische Krieg. Arrian hatte nach dem Auszug des Photios die Darstellung des hellenischen Krieges in einem Zuge bis zum Tode des Leonnatos geführt und den thrakischen Krieg mit dem Feldzug des Reichsverwesers Perdikkas nach Kappadokien verbunden, auf welchem Perdikkas den kappadokischen Dynasten Ariarathes beseitigte und Eumenes als Satrapen in der ihm in Babylon zugetheilten Provinz einsetzte. Nach der bei Plutarch im Eumenes (c. 3) vorliegenden Tradition hatte Eumenes die ehrgeizigen Pläne, mit denen Leonnatos Antipater zu Hülfe zog und für welche er Eumenes als brauchbares Werkzeug zu gewinnen gesucht hatte, dem Reichsverweser denuncirt und Perdikkas dadurch für den Feldzug gegen Ariarathes gewonnen. Diese sachlich nicht unbedenkliche Tradition stand auch bei Arrian; ὁ δὲ τούτοις πιστεύων, heisst es offenbar von Perdikkas in einem bei Suidas (u. ἀνεδέχετο) anonym überlieferten Fragment, ἀνεδέχετο· τὸν πρὸς Ἀριαράθην πόλεμον. In denselben Zusammenhang gehört ein im syntaktischen Lexikon (S. 154 Z. 10 u. κατακούω) aus dem 5. Buch Arrian's citirtes Fragment: οὐδ' ἐθέλει κατακούειν τοῦ σατράπου (s. ξατράπου). Aus dem Citat ist zu schliessen, dass Arrian den ersten Theil des hellenischen Krieges und den Krieg in Thrakien im dritten und vierten Buch dargestellt und mit dem kappadokischen Feldzug des Perdikkas das 5. Buch eröffnet hatte. Aus dem vierten Buche Arrian's citirt das syntaktische Lexikon (S. 154 Z. 12 u. καθηγοῦμαι) die Worte: καὶ ἐς τὸν λιμένα καθηγεῖσθαι. In den Berichten, welche, wie wir so eben sahen, das 4. Buch der Diadochengeschichte bildeten, ist dieses Fragment nicht unterzubringen. Das Fragment stammt aus dem Bericht über das Unternehmen des lakonischen

Bandenführers Thibron, des Mörders und Erben des von Athen nach Tainaron zurückgekehrten Harpalos, gegen Kyrene, welches es Ptolemaios möglich machte, die dorische Pentapolis in Libyen unter seine Botmässigkeit zu bringen. Thibron wurde in Kreta von Exulanten aus Kyrene und Barka angegangen ihnen zur Heimkehr zu verhelfen; unter ihrer Führung konnte er mit seinen Schiffen in den Hafen von Kyrene einlaufen (Diodor XVIII 19). Das Arrianfragment wird von Suidas (u. καθηγήσομαι) ohne Namen des Autors, aber genauer in der Fassung angeführt als Theil einer Rede: καθηγήσομαι ταύταις εἰς τὸν λιμένα. Nach der Darstellung Arrian's hatten also die Exulanten Thibron durch das Versprechen, ihm den Weg in den Hafen zu zeigen, für ihre Pläne, wie sie glaubten, gewonnen. Die Annexion der Kyrenaika durch Ptolemaios mit dem, was ihr vorausging, war von Arrian nach der bestimmten Angabe des Photios im 6. Buch erzählt. Danach ist in dem Citat im syntaktischen Lexikon die überlieferte Buchzahl zu ändern.

Den grössten Theil des 5. Buches des Geschichtswerkes Arrian's nahm die Fortsetzung der Geschichte des hellenischen Krieges ein. Die Ankunft des Krateros in Thessalien, welcher in der letzten Zeit Alexander's den Auftrag erhalten hatte, die Veteranen heimzuführen und Antipater in Makedonien zu ersetzen, bildete den Wendepunkt des Krieges. Von wesentlicher Bedeutung war es, dass Krateros Antipater, der nach Alexander's Tode von den Machthabern in Babylon als Regent in Makedonien bestätigt worden war, in dieser Eigenschaft anerkannte und sich ihm im Kriege gegen die Verbündeten unterordnete: παρελθὼν δ' εἰς Θετταλίαν, wie Diodor (XVIII 16.4) sagt, καὶ τοῦ πρωτείου παραχωρήσας ἑκουσίως Ἀντιπάτρῳ κοινῇ μετ' αὐτοῦ κατεστρατοπέδευσε παρὰ τὸν Πηνειὸν ποταμόν. Arrian hatte über die Stellung, welche Krateros nach seiner Ankunft in Thessalien zu Antipater einnahm, ausführlich gehandelt und Krateros redend eingeführt. Aus dieser Rede rührt ein in dem syntaktischen Lexikon (S. 130 Z. 26 u. βουλεύω) aus dem fünften Buch τῶν μετὰ Ἀλέξανδρον angeführtes, den Bericht Diodor's ausdrucksvoll ergänzendes Fragment her: σὲ δὲ εἶναι, so hatte Arrian Krateros sprechen lassen, τὸν βουλεύοντά τε ὑπὲρ τῶν ὅλων τὰ ξυμφορώτατα, καὶ ἐπαγγέλλοντα πᾶν ὅτι περ ἂν ξυλλογισμῷ τύχῃ ξυμβουλευθέν. Die Fragmente der Diadochengeschichte Arrian's lassen erkennen, dass Gespräche und Reden in dieser einen grösseren Raum einnahmen, als in der Alexandergeschichte. Diess muss seinen Grund in der Beschaffenheit seiner Hauptquelle gehabt haben, deren Eigenart noch genauer als bisher geschehen ist, festzustellen wäre.[1] Werth-

[1] Wie sehr Arrian auch in Äusserlichkeiten von seinen Quellen abhängig gewesen ist, zeigt sich unter anderem darin, dass er in der Alexandergeschichte die

volles Detail über das erste Zusammentreffen zwischen Antipater und Krateros werden wir weiterhin in dem Excerpt über Krateros finden. Nachdem Krateros mit den Veteranen zum Heere Antipaters gestossen war, war das Schicksal des griechischen Aufstandes entschieden. Nach der ersten nicht ein Mal vollständigen Niederlage löste sich das Heer der Verbündeten, mit dem Heere der Bund auf. Antipater hätte den Entscheidungskampf schon früher wagen können; ohne Zweifel hatte er den Krieg absichtlich in die Länge gezogen, nicht allein weil er das Eintreffen des Krateros erwartete; er kannte die griechischen Zustände und konnte voraussehen, dass es den griechischen Führern nicht möglich sein würde die Bürgermilizen den Winter hindurch zusammen zu halten. Während die meisten von den am Aufstand betheiligten griechischen Staaten nach der Schlacht bei Krannon ihren Separatfrieden mit Antipater machten, zögerte man in Athen auch nach der Rückkehr des Aufgebotes noch sich der Nothwendigkeit zu fügen.[1] Nach den vorliegenden Berichten schickten die Athener, nachdem Antipater in Böotien eingerückt war, Unterhändler nach Theben in das makedonische Hauptquartier. Danach wird angenommen, die Athener hätten Antipater keine Zeit gelassen, die Feindseligkeiten gegen ihr Land zu eröffnen. Diese Annahme ist unrichtig. Bei Suidas (u. ἀνεβάλετο) sind als Fragment Arrians die Worte überliefert: ἀνεβάλετο τὴν τῆς ἄλλης χώρας δῄωσιν οἰόμενος ἐνδώσειν Ἀθηναίους. Diese Worte können nur auf den hellenischen Krieg und Antipater bezogen werden. Wir lernen aus dem Fragment, dass Antipater, um einen Druck auf die Athener auszuüben, seine Vorhut hatte die attische Grenze überschreiten lassen. Vielleicht hängt es damit zusammen, dass die Athener in dem Frieden die oropische Mark den Böotern abtreten mussten.

Über das Schicksal der attischen Redner, durch welche der Aufstand angefacht worden war, hatte Arrian im Anfang des sechsten Buches gehandelt. Der Auszug des Photios ist hier verhältnissmässig ausführlich; mit diesem Auszug ist ein Excerpt zu verbinden, welches bei Suidas unter dem Namen Ἀντίπατρος erhalten ist. In der Überlieferung über das Schicksal der Redner sind zwei Versionen zu unterscheiden. Nach der einen Version, für welche Plutarch in Phokion (c. 27) Hauptquelle ist, wurde von Antipater in den Friedensverhandlungen die Auslieferung der Redner verlangt; diese flohen aus Athen

---

gemeingriechische Namensform σατράπης, in der Diadochengeschichte die in Asien gebräuchlichere Form ξατράπης gebraucht hat.

[1] Aus dem compendiarischen Bericht in den *vitt.* X *or.* 846 *E* ist mit Unrecht geschlossen worden, die Athener hätten als Antipater noch in Thessalien stand Gesandte an ihn geschickt.

und wurden nach dem Abschluss des Friedens von den Trabanten Antipater's aufgesucht und auf seinen Befehl hingerichtet. Die andere Version ist am vollständigsten wiedergegeben in dem Excerpt bei Suidas. Das Excerpt lautet: ὅτι τῶν Ἀθηναίων τὰς Ἀθήνας Ἀντιπάτρῳ τῷ Μακεδόνι παραδόντων, ἐν δέει ὄντες οἱ δημαγωγοί, πρὸς τὴν ἐπανάστασιν τοὺς Ἀθηναίους ἐπάραντες, μὴ τὴν αἰτίαν ἐπ᾽ αὐτοὺς ἐνέγκωσιν, ἔφυγον. οἱ δὲ Ἀθηναῖοι θανάτῳ ἐρήμην τούτους κατεδίκασαν· ὧν ἦν Δημοσθένης ὁ ῥήτωρ καὶ Ὑπερίδης καὶ Ἱμεραῖος, τὴν τοῦ θανάτου εἰσήγησιν εἰσενεγκόντος [Δημάδου].[1] Die in dem Excerpt vorliegende Version weiss nichts davon, dass Antipater die Auslieferung der Redner als Friedensbedingung aufgestellt hatte. Die Redner flohen nach dieser Version nicht um der Auslieferung an Antipater zu entgehen, sondern weil sie fürchteten, das athenische Volk würde sie zu Sündenböcken machen, was dann auch geschah. Der Auszug aus Arrian stimmt mit dem Excerpt überein; dieselbe Darstellung liegt ausserdem bei Plutarch im Demosthenes (c. 28) vor; Diodor hat das Schicksal der athenischen Redner übergangen. Die modernen Historiker haben die beiden Versionen combinirt; sie lassen Antipater die Auslieferung der Redner verlangen, die Athener das Todesurtheil über die Geflohenen aussprechen, Antipater das Urtheil vollziehen. In dieser Darstellung ist die Verurtheilung der Redner unmotivirt. Dass diese sich der Auslieferung an Antipater durch die Flucht entzogen, konnte ihnen doch von den Athenern nicht als todeswürdiges Verbrechen angerechnet werden. Antipater war, wenn seine Absicht die Redner ausgeliefert zu erhalten vereitelt war, mit der Verurtheilung derselben nicht gedient. Waren, wie angenommen wird, die Redner bereits geflohen ehe die Friedensbedingungen festgestellt wurden, so kam die Forderung Antipater's zu spät. Was man als Theile derselben Tradition behandelt hat, sind in Wahrheit zwei verschiedene Traditionen, von denen die in drei Brechungen vorliegende, welche die Forderung der Auslieferung der Redner nicht kennt, als die bestbeglaubigte den Vorzug verdient. Ohne Zweifel hatte Antipater in den Unterhandlungen mit den athenischen Gesandten darauf gedrungen, dass die Rädelsführer des Aufstandes zur Verantwortung gezogen würden, wie er es in den Verhandlungen mit anderen Städten that. Daraufhin wurden die Redner auf Antrag des Demades zum Tode verurtheilt. In Athen glaubte man, damit sei die Sache abgethan; war es doch nach den athenischen Rechtseinrichtungen und Gepflogenheiten so herkömmlich, dass politische Verbrecher sich durch die Flucht der ihnen drohenden Strafe entzogen. Die Verurtheilten selbst waren offenbar dieser Ansicht, sie würden sonst

---

[1] εἰσενεγκόντος [Δημάδου] Arn. Schäfer εἰσενεγκόντες die HSS.

nicht in der nächsten Umgebung Athens geblieben sein. Aber Antipater sah die Sache anders an; da die Athener keine Anstalten machten dem gefällten Urtheilsspruche Folge zu geben, nahm er die Vollstreckung desselben selbst in die Hand.

In dem Excerpte bei Suidas schliesst sich an die Angabe über den Antrag des Demades das folgende wörtliche Citat an: ἐγεγόνει γὰρ εἰς οὐδὲν μετριότερος τῇ γνώμῃ, διότι μηδὲ ἔστι φύσεως μεταβολὴ κακίᾳ συνελθούσης, ἡττᾶται δὲ αὐτῆς καὶ νόμου ἐπίταξις μὴ παντελῶς κολάζουσα, καὶ ἰσχὺς αὐτῇ ἀνταγώνιστος ἐφ' ὅπερ ἂν ῥέπῃ· καὶ οὔτε φόβῳ ἀποτρέπεται τὸ θρασύνεσθαι οὔτε αἰδὼς ἐξείργουσα παραπεῖσαι ἱκανή ἐστιν ἐς τὸ τῷ νόμῳ ὑπήκοον. Arnold Schäfer, welcher das Excerpt angezogen hat, wollte in den Schlusssätzen Worte zur Motivirung des Antrages des Demades sehen.[1] Ich zweifele, ob diese Auffassung richtig ist. Ich erkenne in den Schlusssätzen des Excerptes ein in sentenziöse Form gekleidetes Urtheil über Demades. Gegen angeborene Schlechtigkeit hilft auch die Zucht des Gesetzes nichts. Demades war nach dem Ausbruch des Aufstandes wegen seiner vorausgegangenen politischen Thätigkeit gerichtlich verfolgt worden; demungeachtet stellte er nach dem Friedensschluss den Antrag auf die Hinrichtung der Redner. Arrian hatte, wie der Auszug des Photios zeigt, im Anschluss an den Bericht über den Tod der Redner die Hinrichtung des Demades durch Antipater und das elende Ende des Phygadotheren Archias erzählt; in den antimakedonischen Kreisen sah man in den späteren Schicksalen der beiden Männer eine gerechte Vergeltung für ihren Antheil an dem Tode des Demosthenes. Diese Zusammenstellung hat Arrian nicht in seiner Hauptquelle bei Hieronymus vorgefunden, der anders über die politische Thätigkeit des Demades urtheilte; er hat sie einer griechisch gefärbten Nebenquelle, vielleicht Duris entlehnt.

Die Vaticanischen Fragmente des Geschichtswerkes Arrian's beziehen sich auf die Vorgeschichte des ersten Diadochenkrieges, welche nach der wahrscheinlichen Aufstellung des Herausgebers der Fragmente im siebenten Buch des Werkes enthalten war. Das Erhaltene steht auf zwei zusammenhängenden Blättern; ich werde diese als das erste und zweite Fragment unterscheiden. Das erste Fragment beginnt mit der Entführung der Alexanderleiche durch Ptolemaios. Es würde von grossem Interesse gewesen sein, Genaueres über diese in ihren Motiven für uns dunkele That zu erfahren, durch welche Perdikkas in dem von ihm in Pisidien gefassten Entschluss bestärkt wurde, Ptolemaios in Aegypten anzugreifen und es Eumenes zu überlassen, als Oberbefehlshaber in Kleinasien Antipater und Krateros den Über-

---

[1] Demosthenes u. s. Z. III² S. 391.

gang über den Hellespont zu wehren. Leider ist uns nur der Schluss des Berichtes Arrian's erhalten. Wenn es in diesem heisst, dass Perdikkas den Zug gegen Aegypten mit der Absicht unternommen habe, den unbotmässigen Statthalter zu beseitigen und sich der Mumie des Königs zu bemächtigen, so ist diese Aussage in ihrem zweiten Theile ebenso sachgemäss wie im ersten; aber das, was der Reichsverweser selbst mit der Mumie vor hatte, ob er sie im Amonsheiligthum beisetzen wollte, wie im Sommer 323 in Babylon beschlossen worden war, oder ob er, wie Droysen in einer anderen Verbindung als möglich hingestellt hat, im Sinne hatte, die Leiche nach Aigai, der Begräbnissstätte des makedonischen Königshauses, überzuführen und bei dieser Gelegenheit seine Autorität in den makedonischen Stammlanden herzustellen, bleibt ungewiss. Hat Perdikkas, wie ich nicht für unwahrscheinlich halte, die Überführung der Alexanderleiche nach Makedonien im Auge gehabt, so war er darauf angewiesen, diesen Plan geheim zu halten.

An den Bericht über die Entführung der Alexanderleiche schliesst sich in dem Vaticanischen Fragmente der Bericht über die Neubesetzung der Satrapien von Kilikien und Babylonien an, deren Inhaber zu den Mitgliedern der Coalition hinneigten, welche sich gegen den Reichsverweser gebildet hatte. Die Einsetzung des Philoxenos[1] zum Satrapen von Kilikien unterlag keinen Schwierigkeiten, da Perdikkas mit dem Heere von Pisidien, wo er die Nachricht von der Entführung der Alexanderleiche erhalten hatte, durch Kilikien gegen Aegypten zog. Nicht so einfach lag die Sache in Babylon, wo der im Amte befindliche Satrap Archon ähnlich wie in einer späteren Zeit Seleukos auf die einheimische Bevölkerung zählen konnte. Arrian hatte sowohl über die Instructionen, welche Perdikkas dem designirten Satrapen Dokimos ertheilt hatte, wie über die Vorgänge vor und nach der Ankunft des Dokimos in Babylon eingehend berichtet; dass dieser Bericht in dem Palimpsest nur theilweise hat gelesen werden können, ist sehr zu bedauern, da wir durch den vollständigen Bericht ohne Zweifel über die Zustände in Babylonien würden aufgeklärt worden sein.[2] Die Einsetzung des Philoxenos in Kilikien ist

[1] Statt Φιλόξενον . . ἕνα τῶν ἀφανῶν Μακεδόνων *fol.* 230ʳ Z. 12 S. 6 und 24 ist doch wohl zu lesen Φιλόξενον . . ἕνα τῶν ἐπιφανῶν oder τῶν <οὐκ> ἀφανῶν. Philoxenos wurde nach Perdikkas Tode von Antipater in der Satrapie bestätigt (Arrian b. Phot. §. 34 vergl. Diodor XVIII 39, 6). Ohne Zweifel ist der Philoxenos, welcher von Alexander vor dem Aufbruch nach Mesopotamien im Frühjahr 331 zum Generalsteuereinnehmer in den Ländern diesseits des Taurus ernannt wurde und der kurz vor dem Tode des Königs mit Truppen aus Karien in Babylon eintraf (Arr. *Anab.* III 6, 4 und VII 23, 1), derselbe Mann.

[2] *Fol.* 230ʳ Z. 16 ff. S. 6 und 24 f. lese ich: τὸν μὲν ξατραπεύειν ἔ[ταξ]εν τῆς

kurz erwähnt bei Justin (XIII 6, 16); dagegen ist Alles, was wir aus dem Vaticanischen Fragment über Babylonien erfahren, wie der Herausgeber bemerkt hat, neu für uns.

Von den Vorgängen in Babylon kehrt der Bericht Arrians zurück zu Perdikkas; diesem wird, während er noch in Kilikien steht, gemeldet, dass die Kyprischen Stadtkönige Bündnisse mit Ptolemaios abgeschlossen und eine starke Flotte zusammengebracht haben; er lässt hierauf ein Geschwader ausrüsten und schickt eine bewaffnete Macht unter Aristonus nach Kypros; hier bricht das erste von den beiden Vaticanischen Fragmenten ab. Der Herausgeber hat den Kyprischen Bericht zu den Dingen gerechnet, die allein in den Arrianfragmenten überliefert seien; es ist ihm entgangen, dass die Bündnisse der Kyprischen Könige mit Ptolemaios bei Justin erwähnt sind, allerdings in anderem Zusammenhange. In dem geistvoll angelegten Geschichtswerk, dessen Inhalt uns in den traurigen Excerpten Justins übermittelt ist, war dem Bericht über die Rüstungen des Reichsverwesers eine Schilderung der Macht des Ptolemaios in dreifacher Gliederung gegenübergestellt: wie er sich der Ergebenheit der Aegypter versichert, die benachbarten Könige als Bundesgenossen gewonnen und seine Herrschaft auf die Kyrenaika ausgedehnt hatte. Unter den *finitimi reges*, welche Justin als Verbündete des Ptolemaios bezeichnet, sind ohne Zweifel die Kyprischen Stadtkönige zu verstehen, wie man sich bei einiger Überlegung auch schon vor dem Bekanntwerden der Arrianfragmente hätte sagen können. An Phönikische Stadtkönige kann aus verschiedenen Gründen nicht gedacht werden. Das Vaticanische Fragment beweist von neuem, welche Fülle von Material in dem Geschichtswerk Arrians vereinigt war. Nachrichten wie die über die Vorgänge in Babylonien müssen der Natur der Sache nach auf einen Gewährsmann zurückgehen, welcher die Ereignisse mit erlebt und denselben nahegestanden hatte; ein Anderer würde weder ein Interesse daran gefunden haben noch im Stande gewesen sein, so eingehend über diese vergleichsweise geringfügigen Begebenheiten zu berichten. In der strengen Sachlichkeit der Berichte und der Genauigkeit der thatsächlichen Angaben erkennt man Hieronymos von Kardia, der in diesen beiden Beziehungen, sowie in der Vollständigkeit der Dar-

[Βαβυ]λωνίας, Ἄρχωνα δὲ τὸν πρόσθεν [ξα]τρ[ά]πην ἐπὶ τῆ[ς ξυντάξ]εως τῶν προσόδων εἶναι, ἐπὶ δὲ τῆ[ς στρατιᾶς .....], φάσκων Δόκιμον εἰ ἀφίκοιτο κτλ.; Z. 26 S. 7 τὴν ἄκ[ραν] τῆς [Βαβυ]λῶνος; fol. 230ᵛ z. Anf. S. 7 und 25 Βαβυ[λωνίους] δὲ ξυναγαγὼν καὶ φράσας τὴν Περδίκκου διάνοιαν. S. 8 Z. 7 und S. 26 erkenne ich ἐ[ς πόλε]μον κατέστη πρὸς Ἄρχωνα. καὶ τὰ μὲν π[λ]ήθη τῶν ἀπομαχομένων κα[τ]' ἰσχ[ὺν] τῶν χωρίων ἐκρατεῖτο. ὡς δὲ ἀκροβολισμῷ τινι τραυματίᾳ γενομένῳ τῷ Ἄρχωνι οὐ πολλῷ ὕστερον ξυνέβη τελευτῆσαι ἐκ τῶν τραυμάτων, τηνικα[ῦ]τα δὲ ο[ὐ] χαλε[πῶς ὁ Δό]κιμος ἐδέχθη κτλ.

stellung als der Vorgänger des Polybios erscheint, der ihn vielleicht nur in der Grossartigkeit und Geschlossenheit der Gesammtauffassung überragt hat.

Zwischen dem ersten und dem zweiten Vaticanischen Fragmente liegt eine Lücke. Das zweite Fragment bezieht sich auf Antigonos, der Schauplatz der Erzählung ist das westliche Kleinasien. Man erkennt aus dem Erhaltenen, dass nach der Ankunft des Antigonos die Satrapen von Karien und Lydien, Asander und Menander von der Sache des Reichsverwesers abfielen und dass Ephesos und andere Städte der jonischen Küste Antigonos ihre Thore öffneten; dass Menander Antigonos den Plan eingab Eumenes in Sardes aufzuheben und es selbst übernahm Eumenes den Weg in das innere Kleinasien zu verlegen, dass aber Eumenes gewarnt durch Kleopatra sich den Nachstellungen seiner Gegner zu entziehen wusste.[1] Der Herausgeber der Fragmente hat aus diesen Nachrichten scharfsinnig geschlossen, dass Antigonos, der, nachdem er aus seiner Satrapie Grossphrygien entwichen war, in Griechenland den Bund mit Antipater und Krateros gegen den Reichsverweser geschlossen hatte, dem bald auch Ptolemaios beitrat, mit der von den Alliirten ausgerüsteten Flotte nach Kleinasien gefahren ist, um hier dem Reichsverweser und seinem bevollmächtigten Stellvertreter Eumenes Abbruch zu thun, worüber sonst nichts überliefert ist. Wie wir aus Photios' Auszügen aus Arrian wissen, hatte Perdikkas, nachdem sich die Coalition gegen ihn gebildet hatte, den Entschluss gefasst, sich mit Kleopatra, der Schwester Alexander's des Grossen, zu vermählen, deren Anträge er früher aus Rücksicht auf Antipater zurückgewiesen hatte; er hatte Eumenes beauftragt, Kleopatra in Sardes, wo sie seit ihrer Ankunft in Kleinasien residirte, aufzusuchen und ihr seinen Entschluss anzukündigen. Das muss in der Lücke zwischen den beiden Vaticanischen Fragmenten berichtet gewesen sein; zwischen den beiden erhaltenen Blättern ist wenigstens eine Blattlage verloren gegangen. Über die Theilnahme des Antigonos an dem ersten Diadochenkriege war vor der Entdeckung der Vaticanischen Fragmente nur bekannt, dass er zur Zeit, als Perdikkas am Nil ermordet wurde, in Kypros war; weder auf welchem Wege er dahin gekommen war, noch was ihn nach der Insel geführt hatte, wussten wir. Die Fahrt der Flotte nach der Westküste von Kleinasien hatte den Zweck, dem Landheer unter Antipater und Krateros den Weg in die Halbinsel zu öffnen; dieser Zweck ist erreicht worden; Eumenes musste nach der Lan-

---

[1] *Fol.* 235ᵛ, Z. 12 f., S. 12 und 30 ist zu lesen: *αὐτὸν μὲν ἄγειν εὐλαβήθη τῷ κατειλῆφ[θ]αι εἰκάζειν, ἥ[γε] δὲ ἐπὶ [δύνοντ]α τὴν [ἐ]να[ντ]ιωτάτην τῇ[ι]δε [καὶ] ἐπὶ τῷδε ἥκιστα προσδοκωμένην.*

dung des Antigonos nach Kappadokien zurückweichen und durch Aushebungen in seiner Provinz den Ausfall zu decken suchen, der durch den Übertritt der Statthalter der westlichen Küstenlandschaften in seiner Macht entstanden war; während er noch rüstete, konnten Antipater und Krateros ungehindert über den Hellespont in Kleinasien einziehen. Im Einzelnen bleibt Manches dunkel; es ist dringend zu wünschen, dass der Versuch bald gemacht werden möge, die Entzifferung der bisher nur theilweise gelesenen Vaticanischen Fragmente weiterzuführen, wenn auch die Aussicht auf Erfolg gering zu sein scheint. Von Kleinasien ist Antigonos mit der Flotte nach Kypros gefahren, wo, wie wir anzunehmen haben, mittlerweile der Kampf zwischen den mit Ptolemaios verbündeten Stadtkönigen und der von dem Reichsverweser gegen die Insel geschickten Macht entbrannt war.

Der Krieg der Statthalterpartei gegen den Reichsverweser, welcher in der Hauptsache in Kleinasien und am Nil geführt wurde, wird den Inhalt des achten Buches des arrianischen Werkes gebildet haben. Hierher gehören der Artikel des Suidas über Perdikkas und der Artikel desselben Lexikographen über Krateros in seinem zweiten Theil. Der Artikel über Krateros ist nämlich aus zwei Stücken zusammengesetzt, die sich ohne Weiteres von einander trennen lassen. Das erste Stück lautet (Suidas u. Κρατερός, vergl. u. ὄγκος und u. σκευή): *Κρατερός ὄνομα κύριον, ὁ Μακεδών, ὃς ἦν μέγιστός τε ὀφθῆναι καὶ οὐ πρόσω ὄγκου βασιλικοῦ, τῆς τε σκευῆς τῇ λαμπρότητι διαφέρων, καὶ παντὶ τῷ κόσμῳ κατὰ τὸν Ἀλέξανδρον ἔσταλτο πλὴν τοῦ διαδήματος, καὶ τοῖς συγγινομένοις οἷος σὺν ἐπιεικείᾳ, καὶ τοῦ σεμνοῦ προσόντος, φιλοφρονέστατος δόξαι, καὶ πιθανώτατος τῷ ἐπαγωγῷ τῶν λόγων, ὡς συμβάλλουσι τῇ τε σμικρότητι τοῦ Ἀντιπάτρου σώματος καὶ τῇ φαυλότητι. ἐπὶ τούτοις τῷ ἀπροσμίκτῳ καὶ ἀνημέρῳ ἐς τοὺς ὑπηκόους, [ὥστε] θεραπεύειν τὸν Κρατερὸν κατὰ βασιλέα καὶ ἐν ἐπαίνοις ἄγοντας κατὰ τὸ εἰκὸς οἷα δὴ στρατηγῶν τὸν εὐτολμότατον καὶ τῶν πολεμικῶν ἔργων συνετώτατον δεύτερον τῇ προτιμήσει μετὰ Ἀλέξανδρον ἀναμφιλόγως ἄγειν. κίνησίς τε οὖν δὴ ἦν ἐπὶ τούτῳ τῆς στρατιᾶς συμπάσης, Κρατερὸν μὲν οἷα βασιλέα ἐς τὸ ἐπιφανὲς θεραπευούσης, καὶ ἑκάστων ἀπαξιούντων ἐν ἴσῃ μοίρᾳ ἄμφω τετάχθαι, Ἀντιπάτρῳ δὲ κατ' οὐδὲν ἐθελόντων πείθεσθαι.* Man erkennt leicht, dass dieses Stück aus der Darstellung des hellenischen Krieges herrührt.. Nach der Entsetzung von Lamia hatte sich Antipater, gefolgt von den Truppen des im Kampfe mit den verbündeten Griechen gefallenen Leonnatos, nach Nordthessalien zurückgezogen in der Absicht, das Eintreffen des Krateros mit den Veteranen des asiatischen Heeres zu erwarten. Das bei Suidas erhaltene Excerpt schildert die Sachlage nach der Ankunft des Krateros; nach dieser Darstellung machte die glänzende

Erscheinung des Krateros, sein kriegerischer Ruhm und die Erinnerung an die Stellung, die er zu Alexander eingenommen hatte, seine mit gewinnender Freundlichkeit verbundene Würde einen solchen Eindruck auf die in Thessalien vereinigten makedonischen Truppen, dass sie den unscheinbaren Antipater, welchem die wenig dankbare Aufgabe zugefallen war, während sich Alexander und seine Gefährten in Asien mit Ruhm und Glanz bedeckten, die unruhigen Griechen im Zaum zu halten, übersahen und nur von Krateros Befehle annehmen wollten. Dass Krateros seit der Hinrichtung Parmenions die rechte Hand Alexander's gewesen ist, der ihm unbedingtes Vertrauen schenkte, ergiebt sich aus der Alexandertradition zur Genüge. Die stattliche Erscheinung wird sowohl in der Charakteristik des Leonnatos, wie in der des Krateros hervorgehoben; was in diesen Fragmenten von Krateros und Leonnatos einzeln ausgesagt wird, ist in der Einleitung zur Diadochengeschichte bei Trogus-Justin generalisirt, in welcher die Gefährten Alexander's als eine Eliteschaar in physischer sowohl wie in geistiger Beziehung bezeichnet werden. Dass Antipater in der Kleidung und Lebensweise von der grössten Einfachheit war[1] und sich nach makedonischer Art auch in den Formen rauh und schroff zeigte, ist anderweitig bekannt; dass er auch körperlich unscheinbar war, ist meines Wissens sonst nicht bezeugt. Die Thatsache, dass nach der Ankunft des Krateros das makedonische Heer sich diesem zuwendete und Miene machte Antipater den Gehorsam zu verweigern, findet sich in keiner der erhaltenen Quellen ausser in dem Excerpt berichtet; aber in der Quelle Diodor's muss ein entsprechender Bericht gestanden haben; die Angabe Diodor's, dass sich Krateros Antipater freiwillig unterordnete, hat, wie mir scheint, einen solchen zur Voraussetzung; dass Arrian über das, was Diodor mit wenigen Worten abmacht, ausführlich berichtet hatte, glaube ich aus einem der im syntaktischen Lexikon erhaltenen Fragmente nachgewiesen zu haben. Zwischen Antipater und Krateros bestand eine gewisse Solidarität der Interessen, die darauf beruhte, dass sich die Ordnung der Dinge in Babylon, welche damit endete, dass Perdikkas in den Besitz der höchsten Gewalt kam, in Abwesenheit und ohne Zuthun Beider vollzogen hatte. Aber auch in der Gesinnung scheinen die beiden Männer Berührungspunkte gehabt zu haben. Dass Antipater, welcher als Rathgeber und Feldherr Philipp's ergraut war und an den Eroberungskriegen in Asien keinen Antheil genommen hatte, den auf die Verschmelzung der Perser mit den Makedoniern gerich-

---

[1] Plut. Phok. 29. Vergl. die Charakteristik Antipater's bei Jacob Bernays, Phokion und seine neueren Beurtheiler, S. 61.

teten Ideen Alexander's gegenüber die makedonischen Traditionen vertreten hat, ist eben so wenig zu bezweifeln, wie dass in der letzten Zeit Alexander's das Verhältniss zwischen diesem und dem hervorragendsten Vertreter der Philippischen Zeit gestört gewesen ist. Aber auch von Krateros wird von Plutarch im Alexander (c. 47) und Eumenes (c. 6) berichtet, dass er die Hinneigung Alexander's zu dem Persischen Wesen zu mässigen suchte und in den Conflicten des Königs mit den Makedoniern für diese eintrat. In der für die Alexandergeschichte maassgebenden Überlieferung ist allerdings nichts davon zu lesen, aber diese Überlieferung vermeidet es, wie bekannt, auf das Persönliche einzugehen. Tiefer in das Verhältniss zwischen Antipater und Krateros einzudringen ist uns versagt; sicher ist, das die beiden Männer in Thessalien in ein enges Einvernehmen traten, welches sich bis zum Tode des Krateros gleich blieb.

Die zweite Hälfte des Artikels über Krateros lautet folgendermaassen: *Εὐμένης δὲ κατὰ τὸν πόλεμον εὑρὼν τὸ Κρατεροῦ σῶμα κείμενον ἔτι ἔμπνουν καταπηδῆσαί τε ἀπὸ τοῦ ἵππου λέγεται καὶ κατολοφύρασθαι αὐτόν, ἐπιμαρτυρούμενον* (l. *ἀκομαρτυρούμενος*) *ἀνδρείαν τε τὴν Κρατεροῦ καὶ σύνεσιν καὶ τὸ ἄγαν ἵλεων τοῦ τρόπου καὶ ἐς φιλίαν τὴν πρὸς αὐτὸν ἀνεπίπλαστον, ὅσον τε πλούτου ἀνέραστον καὶ ὀρθῇ δικαιοσύνῃ σύντροφον. κράτιστος δὲ ἄρα οὗτος ὅτου τὰ τῆς ἀρετῆς ἔργα καὶ παρὰ τοῖς ἐναντίοις τῶν ἐπαίνων ξυμφώνησιν ἔχει.*[1] *ἐντίμως δὲ καὶ μεγαλοπρεπῶς τὸ σῶμα αὐτοῦ ἐκήδευσεν. ἔχει μὲν οὖν καὶ ταῦτα Κρατερῷ ἀγαθὴν δόξαν, πεπίστευται δὲ σωφρονέστατος γενέσθαι καὶ πραότατος καὶ φιλίας κοινωνῆσαι βεβαιότατος, οἷα δὴ τὸ φιλέταιρον φύσει κτησάμενος καὶ ἐπιτηδεύσας.* Nachdem Antipater und Krateros den Hellespont überschritten hatten, wendete sich Krateros gegen Eumenes, während Antipater mit dem übrigen Heere südwärts nach den Kilikischen Pässen marschirte, um den Reichsverweser im Rücken anzugreifen. Aus dem Schlusse des Berichtes über die Schlacht, in welcher Krateros fiel, stammt die zweite Hälfte des Artikels über Krateros bei Suidas. Dass Eumenes nach dem Siege die Leiche seines gefallenen Gegners feierlich verbrennen liess, wird auch von Nepos im Eumenes (c. 4, 4) berichtet mit dem Zusatz, dass er die Asche des Krateros an seine Hinterbliebenen sandte. Dasselbe hat in der Quelle Diodor's gestanden, der es da, wo er über die Schlacht berichtet, übergangen hat, aber an einer späteren Stelle (XIX 5, 9) auf die Überführung der Asche Bezug nimmt. An die Erwähnung der von Eumenes der Leiche des Krateros erwiesenen Ehren schliesst sich sachgemäss eine Würdigung der persönlichen Vorzüge des letzteren, seiner Zuverlässigkeit, Uneigennützigkeit und Anspruchslosigkeit an. Dass Eumenes Krateros noch am Leben getroffen und

[1] *τῶν ἐπαίνων ξυμφώνησιν* Bernhardy *τῷ ἐπαίνῳ ξυμφωνούσης.*

eine Ansprache an ihn gerichtet habe, wird in dem Excerpt als λεγόμενον angeführt. Ich glaube, dass die Nachricht in derselben Form von Arrian überliefert war und schliesse daraus, dass Arrian in der Diadochengeschichte auf ähnliche Weise wie in der Geschichte Alexander's die von ihm aus den Nebenquellen aufgenommenen Nachrichten als unverbürgt gekennzeichnet hatte. Eine Vergleichung der Parallelberichte Diodor's und Plutarch's wird diese Auffassung erläutern. Nach Diodor (XVIII 30) stürzte Krateros im heissen Kampfe vom Pferde, er wurde, ohne erkannt zu werden, überritten und fand einen kläglichen Tod. Diese Tradition, welche von einem Zusammentreffen des Eumenes mit dem sterbenden Krateros nichts wusste, hat Arrian in seiner Hauptquelle, d. h. bei Hieronymos vorgefunden. Bei Plutarch (Eumenes 7) wird das Zusammentreffen des Eumenes mit Krateros übereinstimmend mit dem Suidasartikel beschrieben; damit hängt es zusammen, dass nach Plutarch's Darstellung Krateros im Kampfe verwundet wurde und vom Pferde stürzte, aber von einem der Strategen des Eumenes erkannt und noch lebend aus dem Getümmel entfernt wurde. Diese Version ist, da fest steht, dass die Eumenesbiographie aus Hieronymos und Duris zusammengearbeitet ist, auf den samischen Historiker zurückzuführen. Die bekannte Art des Duris berechtigt uns zu der Annahme, dass die sentimentale Geschichte von dem letzten Zusammentreffen des Eumenes mit Krateros eine Erfindung des Historikers ist, die nicht einmal originell, sondern der gleichartigen, übrigens wie bekannt ebenfalls unverbürgten Erzählung von dem Zusammentreffen Alexander's mit dem sterbenden Dareios nachgebildet ist. Ich treffe in dem Urtheil über die bei Plutarch vorliegende Tradition im Wesentlichen zusammen mit dem, was Rudolph Schubert in seinen Untersuchungen über die Quellen der Eumenesbiographie ermittelt hat,[1] kann aber meinem Vorgänger darin nicht Recht geben, dass die günstige Auffassung des Krateros, die in der Überlieferung zu Tage tritt, ausschliesslich auf Duris und seine »Schwärmerei« für den Mann zurückzuführen sei. Das Hauptargument Schubert's, das Schweigen Diodor's, wird dadurch entkräftigt, dass, wie ich nachgewiesen zu haben glaube, in der Quelle Diodor's sowohl die Aufnahme des Krateros im Heere Antipater's, wie die von Eumenes seiner Leiche erwiesenen Ehren berichtet waren. Mag Duris immerhin Krateros bevorzugt haben, die günstige Auffassung des letzteren als Charakter sowohl wie als Kriegsmann geht durch die gesammte Überlieferung hindurch; ihren vollständigsten Ausdruck hat sie in dem Suidasartikel gefunden. Über die Abkunft des viel gefeierten Mannes giebt leider der Suidasartikel keine Auskunft; aus

[1] Jahrb. f. class. Philologie Supplementb. IX. S. 655.

der für das makedonische Staatswesen und die Zusammensetzung des Heeres Alexander's gleichwichtigen Liste der Trierarchen der Indosflotte, welche Arrian in der Ἰνδική erhalten hat, wissen wir, dass Krateros ebenso wie Perdikkas aus der obermakedonischen Landschaft Orestis stammte.

In denselben Tagen, in welchen Eumenes über das Heer des Krateros siegte, wurde Perdikkas, nachdem seine Versuche in Aegypten einzudringen an den natürlichen Schwierigkeiten und an der Thatkraft des Ptolemaios gescheitert waren, von den Grossen des Heeres ermordet. An die Ermordung des Reichsverwesers am Nil knüpft der Perdikkasartikel bei Suidas an: Περδίκκας ὁ Μακεδών, ὃν ἔκτειναν ἐξ ἐπιβουλῆς οἱ Μακεδόνες, ἄνδρα τά τε πολέμια κράτιστον γενόμενον καὶ μεγαλονοίᾳ χρησάμενον διαφερόντως· ἐξ οὗ δὴ καὶ τὸ ὑπέρογκον αὐτῷ τοῦ φρονήματος εὐθαρσὲς πρὸς πάντα κίνδυνον ἦν, τό τε ἄγαν μεγαλήγορον, σὺν ᾧ πάντας τοὺς Μακεδόνας ὑπερφρονεῖν ἔδοξε, τάς τε εὐπραγίας αὐτῷ φθόνου ἐπαξίας ἐποίει· ἐπὶ δὲ τῷ φθόνῳ μῖσος ἐπεγίνετο, καὶ τὸ μὴ φέρειν ὑπὲρ σφᾶς ὄντα τε καὶ ὀνομαζόμενον. ὅθεν καὶ τὴν ἐν τοῖς πταίσμασι μεταβολὴν σὺν ὀργῇ τῆς πρόσθεν ὑπεροψίας[1] μᾶλλον ἢ κρίσεως ἀληθεστάτης δικαιώσει εἰς τὸ κατ' αὐτοῦ ἐπιβούλευμα ἐποιοῦντο. Der Artikel ist durch den Autor der Excerpte und wie es scheint auch in den Handschriften entstellt[2]; indess ist der Gedankengang hinreichend klar. Die kriegerische Tüchtigkeit und die μεγαλόνοια des Perdikkas brachte ihn an die Spitze. Seine Erhebung über die Standesgenossen erweckte den Neid der letzteren, der durch seinen Hochmuth in Hass verkehrt wurde. So kam es, dass sich nach der Niederlage am Nil, die vielen angesehenen Makedoniern das Leben kostete, der ganze Zorn gegen seine Person wendete. Die Ermordung des Perdikkas lässt sich psychologisch nicht kürzer und schlagender erklären. Auf die politische Frage, das Verhältniss des Vertreters der Reichsgewalt zu den Statthaltern ist in der Würdigung des Perdikkas, die in dem Suidasartikel enthalten ist, keine Rücksicht genommen. Diese Frage würde offen geblieben sein, auch wenn Perdikkas nicht ermordet worden wäre. Wäre zur Zeit des Todes Alexander's Krateros in Babylon anwesend gewesen, so würden die Dinge vielleicht eine andere Gestalt erhalten, die Gewalt an Krateros gekommen sein. Aber auch Krateros würde trotz seiner vorzüglichen Eigenschaften schwerlich im Stande gewesen sein, der

---

1 ὑπεροψίας Küster ὑποψίας.

2 Wie weit die Zerrüttung reicht, ist schwer zu sagen. Suidas hat unter Ἀλέξανδρος (I 1 S. 199 Bernh.) das Excerpt: ὅτι τὸ μεγαλήγορον τοῦ Ἀλεξάνδρου οὐχ ὑπέρογκον μᾶλλον τι ἢ εὐθαρσὲς ἐν τοῖς κινδύνοις ἐφαίνετο. Die Übereinstimmung mit dem Excerpt über Perdikkas im Gedanken und im Ausdruck ist frappant. War vielleicht in dem vollständigen Text des letzteren Alexander Perdikkas gegenübergestellt?

Zerrüttung des Reichs vorzubeugen, die dadurch besiegelt war, dass Alexander keine regierungsfähigen Erben hinterliess.

Das neunte Buch des arrianischen Werkes reichte bis zur Rückkehr Antipater's nach Kleinasien, umfasste also, wenn ich den aegyptischen Krieg richtig dem achten Buch zugewiesen habe, die Vorgänge in Triparadeisos: die Wahl Antipater's zum Reichsverweser, die zweite στάσις des Heeres und die zweite Satrapienvertheilung. Die Begebenheiten in Kleinasien bis zur Ankunft Antipater's auf dem europäischen Boden bildeten den Inhalt des zehnten und letzten Buches. Fragmente, welche mit Sicherheit auf eines dieser beiden Bücher zurückgeführt werden könnten, sind mir nicht bekannt; Zweifelhaftes anzuführen unterlasse ich.

Die Untersuchung der Arrianfragmente hat mich auf die bei Trogus-Justin vorliegende Tradition der Diadochengeschichte und auf den Antheil geführt, welchen Hieronymus und Duris an der Gesammtüberlieferung haben. Die Fragen, die sich hieran knüpfen, haben Droysen gegen das Ende seines Lebens beschäftigt, als er nach langer Unterbrechung zu den Studien zurückkehrte, die er einst als seine Lebensaufgabe bezeichnet hatte. Die Ansichten, zu denen er gekommen und denen er bei der Neubearbeitung der Diadochengeschichte gefolgt ist, hat er in einem »Duris und Hieronymos« überschriebenen Aufsatz[1] zusammengefasst. Droysen hat geglaubt, dass die bei Justin erhaltene Tradition auf die unzuverlässige Darstellung der Diadochengeschichte zurückgehe, welche Duris gegeben hatte; dass das Geschichtswerk des Hieronymos jüngeren Ursprungs sei, als das Werk des Duris, und dass Hieronymos dasselbe verfasst habe in der Absicht, »der auf den Geschmack des Publicums berechneten und vielgelesenen Darstellung des samischen Literaten ein Werk entgegenzustellen, das die grosse und schwere Zeit der Nachwelt in ihrem ernsten pragmatischen Zusammenhang überliefern sollte.« Ich halte diese Aufstellungen für irrig und will zum Schluss die Gründe kurz angeben.

Ich beginne mit Duris und Hieronymos. Dass das Geschichtswerk des Hieronymos später verfasst sei als dasjenige des Duris, ist von Droysen nicht bewiesen worden. Droysen beruft sich darauf, dass Duris die Darstellung bis zum Jahre der Korupedionschlacht geführt habe, während das Werk des Hieronymos ein Decennium weiter reichte. Aber auch wenn es fest stände, dass das Werk des Duris nicht über die Schlacht bei Korupedion hinausreichte, was bekanntlich nicht der Fall ist, so würde daraus nicht mit Nothwendigkeit folgen, dass es vor dem einige Jahre weiter geführten Werke des

[1] Hermes 1876 S. 458.

Hieronymos verfasst und veröffentlicht war. Das einzige Mittel, welches wir haben, um das zeitliche Verhältniss der beiden Geschichtswerke zu ermitteln, ist in den Angaben über den vulcanischen Charakter der medischen Landschaft Ragai in einem bei Strabo erhaltenen Fragmente des Duris und bei Diodor enthalten. Diese Aussagen harmoniren so mit einander, dass man genöthigt ist, einen und denselben Gewährsmann für beide anzunehmen.[1] Die Aussage steht bei Diodor in dem Bericht über die Vorgänge nach der Schlacht von Gabiene, in welcher Eumenes Antigonos unterlag. Es wird berichtet, dass unter den Gefangenen, welche dem Sieger in die Hände fielen, Hieronymos von Kardia war, dass Antigonos nach der Schlacht nach Medien zurückkehrte, und einen Theil des Heeres bei Ragai in die Winterquartiere legte, hieran schliesst sich die Angabe über die vulcanische Beschaffenheit der Umgegend von Ragai an.[2] Dass dieser Bericht auf Hieronymos zurückgeht, der in demselben genannt ist, ist nicht zu bezweifeln; davon ist aber die Angabe über Ragai nicht auszunehmen. Es heisst die Dinge auf den Kopf stellen, wenn man um des Durisfragmentes Willen diese Angabe statt auf Hieronymos, der einen Winter in Medien zugebracht und ausserdem wie bekannt eben so wie Polybios ein lebhaftes Interesse für die natürliche Beschaffenheit der von ihm behandelten Länder gehabt hat, auf Duris, welchem Medien ein fremdes Land war, zurückgeführt und angenommen hat, dass entweder Diodor oder schon Hieronymos dieselbe aus Duris aufgenommen habe. Methodisch ist hier allein der Schluss, dass Duris, als er die Diadochengeschichte darstellte, wenigstens den ersten Theil des Geschichtswerkes des Hieronymos gekannt und die Angaben über die medische Landschaft aus diesem entlehnt hat. Übrigens war das

---

[1] Anders urtheilt Unger, Sitzungsberichte der Akademie zu München, philos. histor. Cl. 1878 S. 375. Die Annahme Unger's, dass der Name Rhagai griechisch und nicht einheimisch sei, ist irrig; die Stadt kommt unter dem Namen Raghâ in der Inschrift von Behistan vor.

[2] Diodor XIX 44,4 *τοὺς δὲ στρατιώτας ἐπιδιεῖλεν εἰς ἅπασαν τὴν σατραπείαν, καὶ μάλιστα εἰς τὴν ἐπαρχίαν τὴν προσαγορευομένην Ῥάγας, ἣ ταύτην τὴν προσηγορίαν ἔσχεν ἀπὸ τῶν γενομένων περὶ αὐτὴν ἀτυχημάτων ἐν τοῖς ἔμπροσθεν χρόνοις· πλείστας γὰρ ἔχουσα πόλεις τῶν ἐν ἐκείνοις τοῖς τόποις καὶ μάλιστ᾽ εὐδαιμονούσας, τηλικούτους ἔσχε σεισμούς, ὥστε καὶ τὰς πόλεις καὶ τοὺς ἐνοικοῦντας ἅπαντας ἀφανισθῆναι, καθόλου δὲ τὴν χώραν ἀλλοιωθῆναι καὶ ποταμοὺς ἀντὶ τῶν προϋπαρχόντων ἄλλους φανῆναι καὶ λίμνας.* Dazu Strab. I, 60 *Δοῦρις δὲ τὰς Ῥάγας* (*ῥαγάδας codd. corr.* Wesseling) *τὰς κατὰ Μηδίαν ὠνομάσθαι φησὶν ὑπὸ σεισμῶν ῥαγείσης τῆς περὶ τὰς Κασπίους πύλας γῆς, ὥστε ἀνατραπῆναι πόλεις συχνὰς καὶ κώμας καὶ ποταμοὺς ποικίλας μεταβολὰς δέξασθαι* (vergl. XI, 514). Ob die vorgetragene Etymologie auf den einheimischen Stadt- und Landschaftsnamen Anwendung findet, vermag ich nicht zu beurtheilen. An sich würde dem nichts entgegenstehen, dass Hieronymos dieselbe bekannt geworden wäre. Ist die Etymologie, wie es den Anschein hat, nur nach dem Griechischen gemacht und irrig, so kann Hieronymos natürlich den Irrthum ebenso gut begangen haben wie Duris.

Geschichtswerk des Hieronymos auch zu gross angelegt, als dass die Hypothese Droysen's, dasselbe sei durch Duris und seine Darstellung der Diadochenzeit veranlasst worden, für wahrscheinlich gelten könnte.

Zum Beweis, dass die bei Justin-Trogus vorliegende Überlieferung auf Duris zurückgehe, hat Droysen eine Anzahl von Angaben aus Justin zusammengestellt, welche wegen ihrer Ungenauigkeit bei Hieronymos nicht gestanden haben können und nach der in mehreren derselben zu Tage tretenden Tendenz auf Duris als Quelle schliessen lassen. Droysen hat ohne Zweifel darin Recht, dass die bei Justin erhaltene Tradition keine reine ist, allein die von ihm zum Beweis angeführten Angaben lassen sich, soweit sie in Betracht kommen,[1] von dem Grundstock leicht absondern, im Grundstock aber stimmt diese Tradition mit derjenigen Überlieferung, welche wir berechtigt sind auf Hieronymos zurückzuführen, überein. Die Vergleichung der Arrianfragmente hat diese Thatsache in ein helleres Licht treten lassen; der Werth, welchen die Vaticanischen Fragmente für uns haben, liegt abgesehen von dem, was wir neues aus diesen Fragmenten lernen, in den nahen Berührungen mit den Berichten Justin's. Die Reconstruction der Diadochengeschichte aber ist wesentlich dadurch bedingt, dass die auf Hieronymos zurückgehende Überlieferung schärfer umschrieben und bestimmt wird, als es in der sorgfältigen und als Vorarbeit dankenswerthen Schrift von Reuss über Hieronymos von Kardia geschehen ist.

---

[1] Die Bemerkungen über die östlichen Satrapien auf S. 463 sind zu berichtigen nach von Gutschmid, Geschichte Irans S. 6 Anm. 2. Worauf sich die Aussage von Gutschmid's, dass die bei Trogus-Justin vorliegende Tradition aus geringwerthigen Quellen stamme (a. a. O. S. 73 f), stützt, weiss ich nicht.

Jahresbericht über die Thätigkeit des Kaiserlich deutschen archaeologischen Instituts.

Der Bericht über die Thätigkeit des Instituts im Rechnungsjahre 1889/90, welcher der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu erstatten ist, ist zugleich an erster Stelle für unsere Mitglieder bestimmt, denen gegenüber der Centraldirection besonders daran gelegen sein muss, dass sie von dem ganzen Leben der Anstalt, welcher sie haben angehören wollen, laufend in Kenntniss gehalten werden.

Am 10. bis 13. April 1889 fand die jährliche ordentliche Plenarversammlung der Centraldirection in Berlin statt.

Die Centraldirection ergänzte in dieser Versammlung die Zahl der Institutsmitglieder durch folgende Wahlen: zum Ehrenmitgliede wurde ernannt Hr. von Radowitz in Constantinopel; zu ordentlichen Mitgliedern die HH. Conte Antonelli in Terracina, Brizio in Bologna, von Domaszewski in Heidelberg, Percy Gardner in Oxford, Ernest A. Gardner in Athen, Kieseritzky in Petersburg, Koepp in Berlin, Narducci in Rom, Sogliano in Neapel, Waldstein in Athen, Winter in Berlin; zu Correspondenten die HH. Centerwall in Söderhamn, Ficker in Leipzig, Botho Graef in Berlin, Kawerau, J. Kokkidis in Athen, Kondoleon in Smyrna, Pichler in Graz, A. Schneider in Athen, Cecil Smith in London, Winnefeld in Rom. Diesen Ernennungen folgten zum 9. December zu ordentlichen Mitgliedern die der HH. Bohn in Nienburg, Borrmann in Berlin, Kaupert in Berlin, Koldewey in Hamburg, Lindenschmit in Mainz, Müntz in Paris, Norton in Cambridge (Mass.), Schuchhardt in Hannover, Trendelenburg in Berlin; zu Correspondenten die der HH. Babelon, Haussoullier, Pottier, S. Reinach in Paris.

Dem Institute ging im Laufe des Jahres die Nachricht vom Verluste folgender Mitglieder zu: Karl Boetticher († 19. Juni 1889), H. Heydemann († 10. October 1889), K. Lorentzen († 18. Mai 1888), L. von Urlichs († 3. November 1889), E. Lübbert († 31. Juli 1889),

F. Piper († 28. November 1889), J. Sacaze († im November 1889), W. Studemund († 8. August 1889).

Se. Majestät der Kaiser geruhten unter dem 24. August 1889 die bisher commissarisch beauftragten zweiten Secretare, Hrn. Christian Hülsen in Rom und Hrn. Paul Wolters in Athen zu etatsmässigen zweiten Secretaren des Instituts an den genannten Orten zu ernennen.

Die Reisestipendien für 1889/90 wurden vom Auswärtigen Amte auf Vorschlag der Centraldirection verliehen den HH. Brückner, Ihm, Kern, Sauer, sowie das für christliche Archaeologie dem Hrn. Paul Gerhard Ficker.

Der Centralleitung des Instituts in Berlin liegt ausser den Aufgaben der Geschäftsführung namentlich die Sorge für Publicationen ob. Unter diesen kommt die der »antiken Denkmäler« ganz besonders unter Mitwirkung auch der Secretariate in Rom und Athen zu Stande. Das vierte Heft des ersten Bandes, ausnahmsweise mit 13 Tafeln, erschien auch dieses Mal am Ende des Rechnungsjahres. Hrn. Pietro Narducci in Rom verdanken wir es, dass seine umfassenden Aufnahmen der Cloaca Maxima für dieses Heft von Hrn. Paul Graef gezeichnet und von Hrn. Richter herausgegeben werden durften. Vom römischen Secretariate wurden zwei Tafeln mit den Trajanischen Reliefs am Konstantinsbogen und eine die Statue der Meleager im Vatican betreffende beigesteuert. Das athenische Secretariat lieferte zwei Tafeln mit farbigen Architektur- und Sculpturstücken aus der Zeit vor den Perserkriegen von der Akropolis zu Athen und regte die Herausgabe bemalter Thonsarkophage aus Klazomenai an, welche Hr. Winter unter Mitwirkung des Hrn. Heberdey besorgte. Für die Ausführung der Hauptblätter that Hr. van Geldern als Zeichner sein Bestes. Als für ein ansehnliches Fundstück auf deutschem Boden stellten wir Hrn. Hettner für das Mosaik des Monnus in Trier drei Tafeln zur Verfügung, zu deren Ausführung Hr. Eichler seine Hand bot. Endlich gestattete der Besitzer eines erlesenen Marmorwerkes, einer Wiederholung des Kopfes der Praxitelischen Aphrodite, Hr. von Kaufmann in Berlin, die Vorlage zu einer Tafel vom Original zu entnehmen. Mit der Reproduction der Tafelvorlagen war der Stecher Hr. Geyer, für Lichtdruck die Kaiserliche Reichsdruckerei und Hrn. Riffarth's Kunstanstalt, für die dieses Mal stark hervortretenden Farbentafeln Hrn. Steinbock's lithographische Anstalt betraut.

Bei der Redaction der antiken Denkmäler wie des Jahrbuchs stand dem Generalsecretar auch in diesem Jahre Hr. Koepp hülfreich zur Seite.

Der vierte Band des Jahrbuchs erschien, durch das Hinzutreten eines Beiblattes, des archaeologischen Anzeigers, in erweiterter Gestalt.

Die Aufsätze im Hauptblatte berühren einigermaassen das ganze Gebiet der Archaeologie, indem Topographie und Architekturwissenschaft, Untersuchungen über plastische Werke der verschiedenen Gattungen, über Wand- und Vasenmalerei, sowie Forschungen zur Gemmenkunde vertreten sind. Bei der Illustration wurde gegenüber der Beigabe von Tafeln die leichtere Form von Abbildungen im Texte möglichst bevorzugt. Im Anzeiger ist der früher unterbrochene Abdruck der Sitzungsberichte der Berliner archaeologischen Gesellschaft vollständig nachgeholt und wird nunmehr laufend weitergeführt; wir sind auf Seiten der Gesellschaft Hrn. TRENDELENBURG hierbei für seine Vermittelung zu ständigem Danke verbunden. Ferner wurde es durch das Entgegenkommen sämmtlicher Herren Vorsteher der Sammlungen möglich, im Anzeiger dieses Bandes zum ersten Male die Erwerbungsberichte aller öffentlichen Antikensammlungen in Deutschland zu vereinigen. Während der Anzeiger sonst für mannigfachen Inhalt, wie ihn der Augenblick bringt, den Platz geboten hat, ist die Bibliographie als ein weiteres ständiges Hauptstück in ihm fortgeführt, und unter dem Beistande in- und ausländischer Freunde der Sache ist dabei das Bestreben auf Vollständigkeit gerichtet geblieben.

Als zweites Ergänzungsheft der Jahrbücher erschienen von Hrn. BOHN unter Mitwirkung des Hrn. SCHUCHHARDT herausgegeben die »Alterthümer von Aegae«.

Das bereits im vorigen Jahresberichte angekündigte Ergänzungsheft der »*Monumenti inediti*«, sowie die Einzelausgabe der Decorationen des bei der Farnesina am Tiber aufgedeckten römischen Hauses haben noch nicht fertig gestellt werden können, doch ist von Seiten einzelner Institutsmitglieder und namentlich des Secretariats in Rom das dazu Erforderliche beschafft worden, so dass der Drucklegung voraussichtlich nichts mehr im Wege steht.

Vollendet wurde am Schlusse des Rechnungjahres die auf eingehenden Studien an Ort und Stelle beruhende Monographie von R. KOLDEWEY über die antiken Baureste der Insel Lesbos, zu welcher Hr. LOLLING Beiträge lieferte und deren kartographischer Theil der Mitwirkung des Hrn. KIEPERT viel verdankt.

Die Reproduction der Architekturzeichnungen von SERGIUS IWANOFF, ist in Erfüllung testamentarischer Bestimmung nach Maassgabe der zur Verfügung stehenden Mittel fortgeführt. Hrn. BOTKIN verdanken wir biographische Mittheilungen über IWANOFF, welche bei der Herausgabe benutzt werden sollen.

Hrn. ROBERT's ausdauernder Arbeit verdankt es das Institut, dass von dem Sammelwerke der antiken Sarkophagreliefs ein erster Band hat ausgegeben werden können. Der Plan zu diesem grossen Werke

wurde schon von Otto Jahn gefasst und fing an in's Leben zu treten, als das Institut im Jahre 1870 Friedrich Matz die Ausführung übertrug. Wozu Matz den Grund legte, was aber nach seinem frühzeitigen Hingange eines der Aufgabe voll sich widmenden Bearbeiters entbehrte, das hat dann vom Jahre 1879 an Hr. Carl Robert erfolgreich in die Hand genommen. Das ganze Werk dürfte nach seinem Anschlage etwa 3000 Sarkophagreliefs auf etwa 1000 Tafeln umfassen. Davon enthält der jetzt ausgegebene Band 65 Tafeln mit dem kritisch-exegetischen Texte zu 203 Sarkophagreliefs. Beigegeben sind sechs Register und ein Vorwort, in welchem der Herausgeber namentlich auch von den benutzten Sammlungen von Handzeichnungen des 15., 16. und 17. Jahrhunderts eine chronologische Übersicht gegeben hat. Der Band, der Ziffernfolge nach der zweite, umfasst die Darstellungen aus mythologischen Cyclen. Fünf andere Bände sollen folgen mit den Darstellungen aus dem Menschenleben, aus Einzelmythen, aus dem bakchischen Kreise, aus dem der Musen, Nereïden und Eroten und endlich mit decorativer Skulptur. Der Grote'schen Verlagsbuchhandlung gebührt für ihre thatkräftige Mitwirkung bei der in mancher Hinsicht schwierigen Herstellung dieses Bandes ganz besonderer Dank.

Bei der Sammlung der antiken Terracotten unter Leitung des Hrn. Kekulé ist durch Hrn. Winter ein mit Skizzen versehener Zettelkatalog aller vorkommenden Typen mit Verzeichnung der Einzelexemplare in Angriff genommen und bereits erheblich gefördert, welcher dem Fortschritte des Ganzen sehr zu Statten kommen wird. Der Band der durch die Campana'sche Sammlung besonders bekannt gewordenen Thonreliefs ist die nächste, dessen Herausgabe betrieben wird; Hr. von Rohden hat ihm seine ganze verfügbare Zeit gewidmet.

Auch bei der Sammlung der etruskischen Urnenreliefs hat der Herausgeber Hr. Körte, in dankenswerthester Weise die Fertigstellung eines Halbbandes noch am Ende des Rechnungsjahres herbeigeführt, bei der Drucklegung unterstützt vom römischen Secretariat. Der Halbband enthält die Darstellungen aus der Heroënsage mit Ausnahme des troïschen Cyclus. Die Tafeln waren zum grösseren Theile bereits unter Leitung Hrn. Brunn's, aus dessen Händen die Fortsetzung der Herausgabe auf Hrn. Körte überging, gestochen. Über das Verhältniss seiner Arbeit zu der des Hrn. Brunn spricht sich Hr. Körte im Vorworte des Halbbandes aus.

Bei der ebenfalls in Hrn. Körte's Händen liegenden Fortsetzung der Gerhard'schen Sammlung etruskischer Spiegelzeichnungen steht die Ausgabe eines zehnten Heftes bevor. Zur Vermehrung des Materials hat namentlich Hr. Helbig beigetragen und auch eine Reise des Hrn. Körte nach Griechenland ist der Arbeit zu Statten gekommen.

Als vom Institute unterstützt ist ferner die von Hrn. Conze im Auftrage der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien besorgte Sammlung und Herausgabe der attischen Grabreliefs zu erwähnen. Das erste Heft ist erschienen, 25 Tafeln mit den sämmtlichen bekannten Überresten aus der Zeit vor den Perserkriegen und den Anfang der zahlreichen Überreste der folgenden Periode enthaltend. Neben dem Secretariate in Athen hat dort Hr. Brückner dem Unternehmen in die Hand gearbeitet und sonst erhebliche Förderung hat eine Reise des Hrn. Conze nach England gebracht, Dank dem freundlichsten Entgegenkommen dortiger Sammlungsvorstände, Privatbesitzer und der Sache nahestehender Gelehrter. Für die im Anschlusse an das Wiener Unternehmen vom Institute in die Hand genommene Sammlung der nichtattischen griechischen Grabreliefs ist ein grosser Fortschritt gemacht, für den das Institut Hrn. Kieseritzky in Petersburg zu Dank verbunden ist. Hr. Kieseritzky hat die Exemplare südrussischer Fundorte so gut wie vollständig in photographischen Aufnahmen zusammengebracht und bereitet sie zur Herausgabe vor.

Wie von Berlin, so auch von Rom und Athen aus hat das Institut die Beschaffung photographischer Aufnahmen antiker Portraitsculpturen in Angriff genommen, deren Copien käuflich gemacht werden sollen, um so der immer mit besonderen Schwierigkeiten kämpfenden ikonographischen Untersuchung Vorschub zu leisten. Es sind zum Beginn die griechischen Portraits im brittischen Museum aufgenommen, sowie einzelne Stücke in römischen Sammlungen und in Neapel. Den HH. Hicks und Arndt verdanken wir Geschenke für diese Sammlung.

Die HH. Curtius und Kaupert haben von den mit Unterstützung des Königlich preussischen Unterrichtsministeriums und des grossen Generalstabs erscheinenden Karten von Attika ein Blatt, die Region Marathon umfassend, herausgegeben, zusammen mit einem Abschnitte des Textes von Hrn. Milchhöfer, welcher alle bisher erschienenen Blätter nunmehr vollständig behandelt. Die HH. von Kurowski und von Zglinicki sind für die weiteren Aufnahmen an Ort und Stelle thätig gewesen.

Das Institut hat durch den Generalsecretar auf der Versammlung deutscher Philologen und Schulmänner in Görlitz eine Verständigung über die nicht neue Frage gesucht, wie die Ergebnisse archaeologischer Forschung zur Belebung und Erleichterung des Gymnasialunterrichts immer mehr verwerthet und so für unsere allgemeine Bildung fruchtbarer gemacht werden könnten. Es konnte im Kreise der Herren Gymnasiallehrer nicht an einem lebhaften Entgegenkommen fehlen und namentlich sprach man sich dahin aus, dass vor allem

den Herren Lehrern selbst, mehr als das zumal an kleinen und von Hauptstädten entlegenen Orten bisher leicht möglich ist, Gelegenheit geboten werden möchte im laufenden Zusammenhange archaeologischer Kenntniss und Anschauung zu bleiben. Ein dahin zielender Vorschlag begegnete sich mit Absichten Sr. Excellenz des Hrn. Ministers von Gossler. Dieser beschloss an einzelnen Mittelpunkten archaeologischer Sammlungen und Studien in Preussen einen Versuch mit Anschauungskursen über Hauptthemata der neueren archaeologischen Forschung für Gymnasiallehrer zu machen. Diese Kurse haben inzwischen in den Osterferien in Berlin, wo die Generalverwaltung der Königlichen Museen mit der Ausführung beauftragt wurde, und in den Pfingstferien auch in Bonn und Trier, wo die HH. Loeschcke und Hettner bereitwillig dafür eingetreten sind, stattgefunden.

Dem Bedürfnisse nach eigenen Räumen für die Centraldirection ist einstweilen durch Miethe abgeholfen. Hierbei konnte zugleich eine zweckmässige Verbindung mit dem langjährigen Bureaubeamten der Centraldirection, Hrn. Rechnungsrath Ullrich, besser als bisher gesichert werden, was bei Hrn. Ullrich's kundiger und gewissenhafter Thätigkeit für die Erledigung der wachsenden Geschäfte von grösstem Werthe ist.

In Rom und Athen wurde die Thätigkeit des Instituts in gewohnter Weise von den Secretaren, denen in Rom Hr. Mau zur Seite stand, unter Theilnahme einer stets wachsenden Zahl gelehrter Besucher aus Deutschland, der Stipendiaten und anderer Freunde des Instituts weitergeführt. Die Beobachtung wurde dabei nach Möglichkeit über den Sitz der beiden Zweiganstalten hinaus ausgedehnt.

Von Rom aus bereisten beide Secretare, der eine Süd-, der andere Norditalien. Der erste Secretar, Hr. Petersen, wurde auf seiner Reise auf die Bedeutung einer fast dem Boden gleich gemachten Tempelruine des epizephyrischen Lokri aufmerksam. Auf seinen Antrag liess sich das Königliche italienische Unterrichtsministerium sogleich bereit finden die Untersuchung durch Ausgrabung anzustellen. Sie fand unter Leitung des Hrn. Orsi statt, an dessen Seite Hr. Petersen Theil nahm und auf kurze Zeit war auch der erste Secretar aus Athen, Hr. Dörpfeld, zugegen. Die Annahme bestätigte sich, welche der Anlass gewesen war auf den Vorschlag der Untersuchung einzugehen, dass der Tempel ein Bau ionischen Stils aus ziemlich früher Zeit ist, und die Ausgrabung wurde ausserdem durch die Entdeckung einer Gruppe von Sculpturenschmucke des Tempels belohnt. Der zweite Secretar, Hr. Hülsen, verfolgte auf seiner Reise in Oberitalien namentlich

auch Studien von Quellmaterial zur Topographie Roms. Hr. Mau hielt seinen Cursus in Pompeji zehn Tage lang im Juli. Von den Secretaren und Hrn. Mau gemeinsam mit den Stipendiaten und anderen Gelehrten wurde auch ein Studienausflug nach Ostia gemacht.

In Athen hatte der erste Secretar, Hr. Dörpfeld, die Ehre Ihren Majestäten dem Kaiser und der Kaiserin bei Allerhöchstderen Anwesenheit im October v. J. als Führer dienen und Ihre Majestät die Kaiserin Friedrich in den Peloponnes begleiten zu dürfen. Im April 1889 fand unter Hrn. Dörpfeld's Führung mit zahlreicher Betheiligung eine Rundreise durch den Peloponnes mit Demonstrationen vor den Denkmälern statt. Hr. Dörpfeld ging ferner im November nach Hissarlik, um an Verhandlungen über die Kritik Theil zu nehmen, welche Hr. Ernst Bötticher in Bezug auf die in Troja befolgte Untersuchungsmethode öffentlich geübt hatte, betheiligte sich im März d. J. an der Wiederaufnahme der Ausgrabungen des Hrn. Schliemann auf Hissarlik und machte im Januar und Februar d. J. eine Rundreise durch Cypern begleitet von Hrn. Ohnefalsch-Richter. Seiner Theilnahme an der Untersuchung in Lokri wurde bereits gedacht. Ausserdem besuchte Hr. Dörpfeld die Ausgrabungen der athenischen archaeologischen Gesellschaft bei Megara und beide Herren Secretare nahmen an Ort und Stelle Kenntniss von den für die Kunde altattischer Grabanlagen ergebnissreichen Untersuchungen der Königlichen griechischen Regierung bei Velanidésa und Vurwa. Eine im Auftrage des athenischen Secretariats unternommene Bereisung eines Theiles der Strecke der im Bau begriffenen Eisenbahn nach Angora beendete Hr. Graef bereits im April v. J.

Von Rom und von Athen aus waren ausserdem die Stipendiaten auf verschiedenen Reisen, wie für ihre Studien, so für die Institutsaufgaben thätig.

Wir erwähnen dankbar die erhebliche Erleichterung, welche die Direction des österreichisch-ungarischen Lloyd der Reisethätigkeit des Instituts auch in diesem Jahre hat zu Theil werden lassen, wie auch die fortgesetzte Geneigtheit der k. k. priv. österreichischen Nordwestbahn und der österreichisch-ungarischen Staats-Eisenbahn-Gesellschaft.

Die Sitzungen und die Vorträge der Herren Secretare vor den Denkmälern wurden in Rom und Athen während der Wintermonate abgehalten. Die Vorträge ausserhalb Roms und Athens wurden bereits bei den Reisen erwähnt. Beim gemeinsamen Studium der Denkmäler wurde in Rom denen des vaticanischen Museums eine besonders eingehende Aufmerksamkeit gewidmet. Zahlreichen Anfragen von Fachgenossen besonders aus Deutschland wurde von den Secretariaten in Rom und Athen auch in diesem Jahre entsprochen.

Ausser dem oben erwähnten Antheile an den »Antiken Denkmälern« besorgten die Secretariate in Rom und Athen die Herausgabe der »Mittheilungen«; in Rom erschien der 4., in Athen der 14. Band. In Athen wurden ferner namentlich die zeichnerischen Vorarbeiten zur Sonderausgabe der bei den Ausgrabungen des Instituts am Kabirion in Böotien erzielten Ergebnisse betrieben. Über die auf Antrag des Secretariats von der Königlichen italienischen Regierung bereits im Jahre 1889 vorgenommene Ausgrabung eines Tempels bei Alatri berichtete Hr. Winnefeld in den römischen Mittheilungen; der Abschluss dieser Berichte Seitens des Hrn. Cozza steht in Aussicht. Eine vorläufige Übersicht über die bereits erwähnte, ebenfalls der Königlichen italienischen Regierung verdankte Untersuchung im epizephyrischen Lokri gab Hr. Petersen in zwei Institutssitzungen; weitere Herausgabe ist in Vorbereitung.

In Rom wie in Athen wurden für die Institutsarbeiten und zur Vermehrung des Apparats photographische Aufnahmen auch auf Reisen von den Institutsmitgliedern selbst reichlich ausgeführt, und es ist ein Anfang damit gemacht Copien solcher Aufnahmen an Fachgenossen abzugeben.

Die Aufstellung der Bibliothek in dem neubezogenen Hause in Athen hat die Thätigkeit des zweiten Secretars, Hrn. Wolters, stark in Anspruch genommen. Sie ist vollendet und Hand in Hand mit der Neuaufstellung ist eine ganz neue Katalogisirung bewerkstelligt, eine Verbesserung, welche bei gesteigerter Benutzung der Bibliothek bereits sehr zu Statten kommt. Bei den Anschaffungen wurde die neugriechische Locallitteratur möglichst berücksichtigt.

Auch in Rom fand die Bibliothek andauernd starke Benutzung von Gelehrten verschiedener Nationen. Zur Ergänzung der vorhandenen Verzeichnisse erschien es schon längst unerlässig einen Realkatalog in vollkommenerer Gestalt, als er bisher vorlag, herzustellen. Diese Aufgabe ist in Angriff genommen, und zwar in der Absicht wo möglich durch Drucklegung eines solchen Realkatalogs den Fachgenossen zugleich ausserhalb der Bibliothek eine gewiss wünschenswerthe archaeologische Bibliographie zu bieten. Die Ausführung der Arbeit hat Hr. Mau übernommen. Hr. des Granges hat dem Apparate des Instituts seine Sammlung photographischer Negative mit Aufnahmen aus Griechenland zum Geschenk gemacht.

Die Bibliotheken in Rom und Athen verdanken Schenkungen dem Königlich preussischen Ministerium der öffentlichen Arbeiten sowie der Königlichen Akademie der Wissenschaften und der Centraldirection der Monumenta Germaniae zu Berlin, dem K. K. österreichischen Unterrichts-Ministerium sowie der Kaiserlichen Akademie der Wissen-

schaften zu Wien, dem Ministère de l'Instruction publique zu Paris, den Trustees des brittischen Museums, der Archaeologischen Gesellschaft zu Athen, der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg, der Königlich sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, der Weidmann'schen Verlagshandlung sowie den HH. Jeidels in Frankfurt a. M., Graf Lanckoroński, Overbeck u. A.

Die Wohnungen in den Institutshäusern sind sowohl in Rom wie in Athen von Stipendiaten und anderen Gelehrten fast immer vollständig besetzt gewesen und haben nicht immer ausgereicht den Anmeldungen zu entsprechen.

Über die Spectren der Alkalien.

Von Prof. H. Kayser und Prof. C. Runge
in Hannover.

(Vorgelegt von Hrn. von Helmholtz.)

Die Untersuchung der Spectren der Alkalien hat uns zu Resultaten geführt, welche wir in folgendem kurzen Auszuge uns vorzulegen gestatten.

Die Spectren der Alkalien sind in durchaus analoger Weise gebaut, was namentlich hervortritt, wenn man statt der Wellenlängen die reciproken Werthe, also die Schwingungszahlen betrachtet. Jedes Spectrum erweist sich als zusammengesetzt aus mehreren Linienserien, deren jede sich durch die Formel: $\frac{1}{\lambda} = A - \frac{B}{n^2} - \frac{C}{n^4}$ mit sehr grosser Genauigkeit darstellen lässt, wenn darin λ die Wellenlänge, A, B, C drei Constanten bedeuten, und man für n die Reihe der ganzen Zahlen von $n = 3$ an einsetzt. Für $n = 2$ liefern die Formeln in allen Fällen negative, d. h. unmögliche Schwingungszahlen, $n = 3$ entspricht der Grundschwingung.

Die Linien der verschiedenen Serien jedes Elements verhalten sich verschieden in Bezug auf Umkehrbarkeit, Verbreiterung mit zunehmender Dampfdichte u. s. w. In jedem Element finden wir eine »Hauptserie«, welche die stärksten, am leichtesten erscheinenden und am leichtesten umkehrbaren Linien enthält; sie geht in allen Fällen vom rothen Ende des Spectrums bis ins äusserste Ultraviolett. Die Glieder der Hauptserie sind bei allen Alkalien, mit Ausnahme des Lithiums, Paare, deren Abstand kleiner wird mit abnehmender Wellenlänge; wir haben gefunden, dass die Differenz der Schwingungszahlen der beiden Linien jedes Paares umgekehrt proportional ist der vierten Potenz der Ordnungszahl dieses Paares, d. h. des Werthes von n, welcher in die Formel eingesetzt das Paar ergibt.

Ausser den Hauptserien haben alle Alkalien Nebenserien, welche im wesentlichen im sichtbaren Theil des Spectrums verlaufen. Bei Lithium sind zwei Nebenserien vorhanden, bei Natrium deren vier,

die aber zu je zweien congruent sind; ebenso verhält sich Kalium, während Rubidium und Caesium wieder nur je zwei Nebenserien haben, welche congruent sind. Die Congruenz, welche sich in den Formeln der Serien durch Identität der zweiten und dritten Constante für die beiden Serien ausspricht, bedingt, dass zwei solche congruente Serien als eine Serie von Paaren erscheint, wobei aber die Schwingungsdifferenz der beiden Linien der Paare constant bleibt für jede Serie, im Gegensatz zum Verhalten der Hauptserien.

Es hat sich die Thatsache ergeben, dass diese Schwingungsdifferenz der Paare der Nebenserien für jedes Element identisch ist mit der Schwingungsdifferenz des ersten existirenden Paares ($n = 3$) der Hauptserie. Ferner hat sich gezeigt, dass die Grösse dieser Schwingungsdifferenz mit dem Atomgewicht zusammenhängt: die Schwingungsdifferenz ist sehr nahe proportional dem Quadrat des Atomgewichts. Bei Lithium sind keine Paare sichtbar; diess Gesetz auf Lithium ausgedehnt, lässt aus dessen Atomgewicht berechnen, dass der Abstand eventueller Paare so klein sein würde, dass wir die Linien wahrscheinlich kaum würden doppelt sehen können.

Vergleicht man die Spectren der Alkalien mit einander, so zeigt sich in deutlichster Weise, dass sowohl die Hauptserien, als die Nebenserien mit wachsendem Atomgewicht nach der rothen Seite des Spectrums rücken. Das spricht sich natürlich ebenso deutlich in den Constanten A, B, C aus, welche sich in offenbar gesetzmässiger Weise von einem Element zum andern ändern. Erwähnenswerth ist, dass die Constante B sich nur sehr wenig ändert, und zwar nicht nur für die Alkalien, sondern, wie es scheint, auch für andere Elemente stets nahezu dieselbe ist.

Dem Gesetz, nach welchem die Constanten von einem Element zum andern variiren, nachzuspüren, halten wir für verfrüht, bevor nicht noch weitere Elemente untersucht sind. Wir hoffen, in kurzer Zeit der Königlichen Akademie unsere Resultate in Betreff der alkalischen Erden vorlegen und weitere Schlüsse daran knüpfen zu können.

Als weiteres Resultat unserer Untersuchungen ist noch anzuführen, dass entgegen den Angaben Lockyer's, welcher die Linien aller fünf Alkalien unter den Fraunhofer'schen Linien gefunden zu haben glaubte, nur Natrium in der Sonne vertreten ist, und zwar wahrscheinlich nur dessen Hauptserie.

Über orthogonale Systeme.

Von L. KRONECKER.

(Fortsetzung der Mittheilung vom 22. Mai [St. XXVI].)

Von den beliebig[1] anzunehmenden $mn - \frac{1}{2}m(m-1)$ Grössen b_{gi} können, unbeschadet der Allgemeinheit der resultirenden Systeme (a_{ik}), noch $\frac{1}{2}m(m+1)$ Grössen specialisirt werden, so dass alsdann nur $m(n-m)$, d. h. genau so viele beliebig bleiben, als die $m(n-m)$fache Mannigfaltigkeit der orthogonalen symmetrischen Systeme (a_{ik}) erfordert. Man erhält nämlich auch dann noch alle orthogonalen symmetrischen Systeme des Rationalitätsbereichs $(\mathfrak{R}, \mathfrak{R}', \mathfrak{R}'', \ldots)$, wenn man die $\frac{1}{2}m(m-1)$ Grössen b_{gi}, bei welchen $g < i \leqq m$ ist, gleich Null, die m Grössen $b_{11}, b_{22}, \ldots b_{mm}$ aber gleich Eins setzt, und nur die $m(n-m)$ Grössen b_{gi}, bei welchen $g \geqq m$ ist, beliebig lässt.

Um dies zu zeigen, bemerke ich zuvörderst, dass eine Veränderung der Verticalreihen oder der zweiten Indices der Grössen b keine eigentliche Veränderung des Systems (a_{ik}), sondern nur eine solche der **Reihenfolge** der Elemente a_{ik} hervorbringt. Man kann daher die Verticalreihen der Grössen b so geordnet annehmen, dass die aus den ersten m^2 Elementen gebildete Determinante:

$$|b_{gh}| \qquad (g, h = 1, 2, \ldots m)$$

einen von Null verschiedenen Werth hat. Ich bemerke ferner, dass das aus den Gleichungen (33) resultirende System (a_{ik}) ungeändert bleibt, wenn man für zwei beliebig gewählte Indices g', g'' die Grössen:

$$b_{g'i}, \qquad b_{g''i}$$

durch:

$$b_{g'i} + tq_{g''} b_{g''i}, \quad b_{g''i} - tq_{g'} b_{g'i},$$

und zugleich die Grössen:

[1] Die Wahl der Grössen b_{gi} ist natürlich insoweit beschränkt, dass der Rang des Systems der mn Grössen b_{gi} gleich m, d. h. dass mindestens eine der daraus zu bildenden Determinanten $m$ter Ordnung von Null verschieden sein muss (vergl. §. 5 meines Aufsatzes »Näherungsweise ganzzahlige Auflösung linearer Gleichungen« im Sitzungsbericht vom December 1884).

$$q_{g'}\,, \qquad q_{g''}$$

durch:
$$\frac{q_{g'}}{1+q_{g'}q_{g''}t^2}\,, \qquad \frac{q_{g''}}{1+q_{g'}q_{g''}t^2}$$

ersetzt. Denn bei einer solchen Substitution wird nur in der Transformationsgleichung:

$$\sum_{i,k}(a_{ik}+\delta_{ik})\,x_i x_k = 2\sum_g q_g\Big(\sum_i b_{gi}x_i\Big)^2 \qquad \begin{pmatrix} g=1,2,\ldots m \\ i,k=1,2,\ldots n \end{pmatrix},$$

in welcher die Gleichungen (33) zusammengefasst erscheinen, auf der rechten Seite das Aggregat von zwei Quadraten:

$$q_{g'}\Big(\sum_i b_{g'i}\,x_i\Big)^2 + q_{g''}\Big(\sum_i b_{g''i}x_i\Big)^2$$

durch ein Aggregat von zwei anderen Quadraten ersetzt.

Man kann nun die Grösse t so wählen, dass $b_{g'i}+tq_{g''}b_{g''i}$ für einen Werth des Index i gleich Null wird, und also, nach der schon auf S. 127 des Monatsberichts vom Februar 1873 entwickelten Methode,[1] erst die $m-1$ Grössen b_{gi}, bei welchen $g<m$ und $i=m$ ist, alsdann die $m-2$ Grössen b_{gi}, bei welchen $g<m-1$ und $i=m-1$ ist, u. s. f. zum Verschwinden bringen. Wenn hiernach die sämmtlichen Grössen b_{gi}, bei welchen $g<i\leq m$ ist, auf Null reducirt sind, müssen die Grössen $b_{11}, b_{22}, \ldots b_{mm}$ sämmtlich von Null verschieden sein; denn deren Product ist gleich der Determinante der ersten m^2 Elemente b_{gi} und also auch gleich der von Null verschieden vorausgesetzten Determinante der ersten m^2 Elemente desjenigen Systems (b_{gi}), von welchem ausgegangen worden ist. Da nun der Werth des Ausdrucks auf der linken Seite der Gleichung (32) sowie der Werth des Ausdrucks auf der rechten Seite der Gleichung (33) ungeändert bleibt, wenn die sämmtlichen Grössen einer Horizontalreihe:

$$b_{g1}\,, \; b_{g2}\,, \; \ldots \; b_{gn}$$

durch b_{gg} dividirt werden, so kann man in der That, wie gezeigt werden sollte, die $m(n-m)$ Grössen b_{gi}, bei welchen $g>m$ ist, ganz beliebig, ferner aber:

$$b_{gi}=0 \quad (g<i\leq m)\,, \qquad b_{gg}=1 \quad (g=1,2,\ldots m)$$

---

[1] »Über die verschiedenen STURM'schen Reihen und ihre gegenseitigen Beziehungen.« Die Methode ist a. a. O. benutzt, um zu zeigen, dass sich jede Transformation eines Aggregats von Quadraten in ein anderes aus gewissen »elementaren Transformationen« zusammensetzen lässt. Sie ist, da für reelle Grössen b die Grössen q sämmtlich positiv sind, auch auf alle speciellen Systeme reeller Grössen b anwendbar, während bei speciellen complexen Grössen b, wo der Nenner der für die Grössen q zu substituirenden Ausdrücke gleich Null werden kann, wie oben im art. II, andere elementare Transformationen erforderlich sind.

annehmen und die übrigen $\frac{1}{2}m(m-1)$ Grössen b_{gi}, bei welchen $g > i$ ist, mittels der Gleichungen (32) bestimmen. Die in den Gleichungen (33) enthaltene Darstellung orthogonaler symmetrischer Systeme (a_{ik}) ist alsdann so beschaffen, dass die Grössen b durch die Grössen a eindeutig bestimmt sind, dass also jedes System (a_{ik}) nur einmal dargestellt wird.

V.

Hr. CAYLEY hat bekanntlich in seinem Aufsatze im 32. Bande des CRELLE'schen Journals[1] zuerst jene berühmten Formeln entwickelt, in welchen die Elemente orthogonaler Systeme $n$ter Ordnung durch $\frac{1}{2}n(n-1)$ unabhängige Variable rational ausgedrückt werden. Es ererscheint demnach von besonderem Interesse, zu untersuchen, wie aus dieser allgemeinen Darstellung eine solche von symmetrischen orthogonalen Systemen hervorgeht. Zu diesem Zwecke muss von Neuem auf die Herleitung der CAYLEY'schen Formeln eingegangen werden, da a. a. O. zwar gezeigt ist, dass bei der angegebenen Darstellung der Elemente eines orthogonalen Systems die $\frac{1}{2}n(n-1)$ Bedingungsgleichungen der Orthogonalität erfüllt sind, nicht aber, dass eine solche Darstellung für alle orthogonalen Systeme möglich ist.

Bei dieser erneuten Behandlung der allgemeinen orthogonalen Systeme werde ich, da die Auseinandersetzung dadurch wesentlich an Durchsichtigkeit gewinnt, von den Methoden Gebrauch machen, welche sich in meinem Aufsatze[2] »Über einige Anwendungen der Modulsysteme auf elementare algebraische Fragen«, sowie in neueren Arbeiten[3] des Hrn. NETTO bei der Behandlung mehrerer algebraischer Probleme als nützlich erwiesen haben.

Bei einer solchen Behandlungsweise hat man anstatt der Eigenschaften von Grössen c_{ik}, welche, wie oben im art. I, durch die für ein orthogonales System (c_{ik}) charakteristischen Relationen:

$$(4) \qquad \sum_{i=1}^{i=n} c_{gi}c_{hi} = \delta_{gh} \qquad (g, h = 1, 2, \ldots n)$$

---

[1] S. 119—123.

[2] Journal für Mathematik, Bd. 99, S. 329—371.

[3] »Anwendung der Modulsysteme auf eine elementare algebraische Frage« im Journal für Mathematik, Bd. 104, S. 321—340. »Über den grössten gemeinsamen Theiler zweier ganzer Functionen« in der Festschrift der mathematischen Gesellschaft in Hamburg (1890). »Über den gemeinsamen Theiler zweier ganzer Functionen einer Veränderlichen« im Journal für Mathematik, Bd. 106, S. 81—88.

mit einander verbunden sind, die Eigenschaften zu untersuchen, welche einem Systeme von n^2 unbestimmten Variabeln:

$$w_{ik} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

im Sinne der Congruenz für das aus den $\frac{1}{2}n(n+1)$ Elementen:

$$\delta_{gh} - \sum_{i=1}^{i=n} w_{gi} w_{hi} \qquad (g, h = 1, 2, \ldots n; g \leqq h)$$

gebildete Modulsystem zukommen.

Demgemäss seien u und w_{ik} (für $i, k = 1, 2, \ldots n$) unbestimmte Variable, (w'_{ik}) sei das zu (w_{ik}) reciproke System, und die n^2 Variable u_{ik} seien durch die Gleichungen:

$$u_{ik} = w_{ik} + u\,\delta_{ik} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

definirt. Ferner sei U die Determinante des Systems (u_{ik}), und (u'_{ik}) sei das zu (u_{ik}) reciproke System. Endlich sei zur Abkürzung für alle Werthe der Indices $i, k = 1, 2, \ldots n$:

$$(34) \qquad \phi_{ik} = \sum_{h=1}^{h=n} w_{ih} w_{kh} - \delta_{ik} u^2 = \sum_{h=1}^{h=n} u_{ih} u_{kh} - u(u_{ik} + u_{ki}),$$

$$(35) \qquad \bar\phi_{ik} = \sum_{h=1}^{h=n} w_{hi} w_{hk} - \delta_{ik} u^2 = \sum_{h=1}^{h=n} u_{hi} u_{hk} - u(u_{ik} + u_{ki}),$$

$$(36) \qquad \psi_{ik} = \delta_{ik} - u(u'_{ik} + u'_{ki}).$$

Alsdann bestehen die bemerkenswerthen Relationen:

$$(37) \qquad \phi_{gh} = \sum_{i,k} u_{gi} u_{hk} \psi_{ik}, \qquad \psi_{gh} = \sum_{i,k} u'_{gi} u'_{hk} \phi_{ik},$$

$$(38) \qquad \bar\phi_{gh} = \sum_{i,k} u_{ig} u_{kh} \psi_{ik}, \qquad \psi_{gh} = \sum_{i,k} u'_{ig} u'_{kh} \bar\phi_{ik},$$

$$(39) \qquad \phi_{gh} = \sum_{i,k} w_{hk} w'_{ig} \bar\phi_{ik}, \qquad \bar\phi_{gh} = \sum_{i,k} w_{kh} w'_{gi} \phi_{ik},$$

in welchen die Summationen auf die Werthe $i, k = 1, 2, \ldots n$ zu erstrecken sind und den Indices g, h alle Werthe von 1 bis n beigelegt werden können. Von der Richtigkeit dieser Relationen überzeugt man sich unmittelbar, wenn man darin für $\phi_{gh}, \bar\phi_{gh}, \psi_{gh}, \phi_{ik}, \bar\phi_{ik}, \psi_{ik}$ die aus den Gleichungen (34), (35) und (36) zu entnehmenden Ausdrücke substituirt und die Gleichungen:

$$(40) \qquad \sum_{i=1}^{i=n} w_{hi} w'_{ik} = \sum_{i=1}^{i=n} w'_{hi} w_{ik} = \delta_{hk} \qquad (h, k = 1, 2, \ldots n),$$

$$(41) \qquad \sum_{i=1}^{i=n} u_{hi} u'_{ik} = \sum_{i=1}^{i=n} u'_{hi} u_{ik} = \delta_{hk} \qquad (h, k = 1, 2, \ldots n)$$

benutzt, durch welche die Systeme $(u_{ik}), (u'_{ik})$ als zu einander reciprok definirt werden.

Man kann den Inhalt der Relationen (37), (38), (39) auch in übersichtlicher Weise so ausdrücken, dass die Transformationen quadratischer und bilinearer Formen, welche in folgenden drei Gleichungen dargestellt sind:

$$(37') \qquad \sum_{i,k} \phi_{ik} x_i x_k = \sum_{i,k} \psi_{ik} y_i y_k$$

$$(38') \qquad \sum_{i,k} \bar{\phi}_{ik} \bar{x}_i \bar{x}_k = \sum_{i,k} \psi_{ik} y_i y_k \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

$$(39') \qquad \sum_{i,k} \phi_{ik} \bar{x}_i x_k = \sum_{i,k} \bar{\phi}_{ik} (y_i - u x_i)(y_k - u x_k)$$

durch die Substitutionen:

$$y_i = \sum_k u_{ik} \bar{x}_k = \sum_k u_{ki} x_k \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

bewirkt werden.

Zwischen den Variabeln x und $\bar{x}$ bestehen in Folge der angegebenen Substitutionen die directen Beziehungen:

$$x_h = \sum_{i,k} u_{ik} u'_{ih} \bar{x}_k, \quad \bar{x}_h = \sum_{k,i} u_{ki} u'_{hi} x_k \qquad (h, i, k = 1, 2, \ldots n),$$

und mit deren Hülfe erhält man aus der Gleichung:

$$\sum_{i,k} \phi_{ik} x_i x_k = \sum_{i,k} \bar{\phi}_{ik} \bar{x}_i \bar{x}_k \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

welche durch Verbindung der beiden Gleichungen (37') und (38') entsteht, die Relationen:

$$(42) \qquad \begin{aligned} \bar{\phi}_{gh} &= \sum_{i,k,r,s} u_{rg} u_{sh} u'_{ri} u'_{sk} \phi_{ik}, \\ \phi_{gh} &= \sum_{i,k,r,s} u_{gr} u_{hs} u'_{ir} u'_{ks} \bar{\phi}_{ik}, \end{aligned}$$

in welchen die Summationen auf:

$$i, k, r, s = 1, 2, \ldots n$$

zu erstrecken und den Indices g, h alle Werthe von 1 bis n beizulegen sind.

Die obigen Identitäten (37) bis (42) enthalten die Eigenschaften orthogonaler Systeme in entwickelter Form, und die beiden mit (37) bezeichneten Identitäten allein genügen zur Vereinfachung und Vervollständigung der CAYLEY'schen Deduction. Denn durch die Gleichungen:

$$(43) \qquad \phi_{ik} = \sum_{h=1}^{h=n} w_{ih} w_{kh} - \delta_{ik} u^2 = \sum_{h=1}^{h=n} u_{ih} u_{kh} - u(u_{ik} + u_{ki}) = 0$$
$$(i, k = 1, 2, \ldots n)$$

wird das System der n^2 Grössen:

$$\frac{w_{ik}}{u} \text{ oder } \frac{u_{ik}}{u} - \delta_{ik} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

als ein orthogonales charakterisirt, und da, unter der Voraussetzung, dass ein zu (u_{ik}) reciprokes System (u'_{ik}) existirt, d. h. also unter der Voraussetzung, dass die Determinante U von Null verschieden ist, das System der Gleichungen:

$$(44) \qquad \psi_{ik} = \psi_{ki} = \delta_{ik} - u\,(u'_{ik} + u'_{ki}) = 0 \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

auf Grund jener beiden Formeln (37) dem Gleichungssysteme (43) vollständig aequivalent ist, so sind auch die Gleichungen (44) charakteristisch für die Orthogonalität des Systems der Grössen:

$$\frac{w_{ik}}{u} \text{ oder } \frac{u_{ik}}{u} - \delta_{ik} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n).$$

Diese Gleichungen (44) sind aber dann und nur dann erfüllt, wenn nach Annahme von $\frac{1}{2}n\,(n-1)$ beliebigen Grössen:

$$t_{i,k} \qquad (i < k;\, i, k = 1, 2, \ldots n),$$

den Variabeln u' folgende Werthe beigelegt werden:

$$uu'_{ii} = \tfrac{1}{2}\,,\quad uu'_{ik} = t_{ik}\,,\quad uu'_{ki} = -\,t_{ik} \qquad (i < k;\, i, k = 1, 2, \ldots n).$$

Bildet man also aus dem zu diesem Systeme (u'_{ik}) reciproken Systeme (u_{ik}) das System der n^2 Grössen:

$$\frac{u_{ik}}{u} - \delta_{ik} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

so erhält man das allgemeinste orthogonale System von der Beschaffenheit, dass die Determinante von (u_{ik}) nicht gleich Null ist.

Aus den Gleichungen (37) folgt ebenso unmittelbar:

dass man alle einem Rationalitätsbereich $(\mathfrak{R}', \mathfrak{R}'', \mathfrak{R}''' \ldots)$ angehörigen orthogonalen Systeme (c_{ik}), für welche die Determinante:

$$|\,c_{ik} + \delta_{ik}\,| \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

von Null verschieden ist, und nur solche Systeme erhält, wenn man aus demselben Rationalitätsbereich Systeme (t_{ik}) entnimmt, für welche:

$$t_{ii} = \tfrac{1}{2}\,,\quad t_{ik} = -\,t_{ki} \qquad (i < k;\, i, k = 1, 2, \ldots n)$$

ist, dazu das reciproke System (t'_{ik}) bildet und alsdann die Elemente des orthogonalen Systems (c_{ik}) gemäss den Gleichungen:

$$c_{ik} = t'_{ik} - \delta_{ik} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

bestimmt.

Von den orthogonalen Systemen (c_{ik}), für welche die Determinante:

$$|\, c_{ik} + \delta_{ik} \,| \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

von Null verschieden ist, kann keines — ausser dem Einheitssystem (δ_{ik}) — symmetrisch sein. Denn für ein symmetrisches System (c_{ik}) ist auch das System $(c_{ik} + \delta_{ik})$ und also auch dessen reciprokes (t_{ik}) symmetrisch; es ist also dann:

$$t_{ii} = \tfrac{1}{2}, \; t_{ik} = t_{ki} = -\, t_{ki} = 0 \qquad (i < k;\ i, k = 1, 2, \ldots n),$$

folglich:

$$t'_{ik} = 2\delta_{ik} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

und daher in der That:

$$c_{ik} = \delta_{ik} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n).$$

Die in dem Lipschitz'schen und auch in diesem Aufsatze behandelten orthogonalen symmetrischen Systeme gehören also zu denen, welche sich der von Hrn. Cayley angegebenen Darstellung entziehen. Aber es ist gerade deshalb von besonderem Interesse, zu untersuchen, in welcher Weise man sich bei der Cayley'schen Darstellung orthogonaler Systeme denjenigen, welche zugleich symmetrisch sind, nähern kann.

(Fortsetzung folgt.)

Ausgegeben am 12. Juni.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1890.

XXIX.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

12. Juni. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Curtius.

Hr. Weinhold las über den Mythus vom Wanenkrieg.
Die Mittheilung erfolgt umstehend.

Über den Mythus vom Wanenkrieg.

Von K. Weinhold.

In den mythologischen Forschungen, welche so leicht in Nebel und Wolken, oder in den Sumpf verlocken, gibt nur die Geschichte des Cultus die Möglichkeit, einen sicheren Pfad zu finden. Sie gewährt geschichtliche Unterlage; sie zeigt das Werden, Wachsen und Vergehen der Götter in dem Umfang der Verehrung, die sie genossen; sie lässt die Wandelungen mindestens errathen, die in dem inneren Wesen der Gottheiten sich vollzogen.

Die Geschichte der Culte ist ein wichtiger Theil der Geschichte der Volksstämme. Der Cultus wandert mit den Volksgenossen, welche die altererbten Heiligthümer auch in die neuen fernen Wohnsitze tragen, der Cultus verbindet eine Kette von Völkerschaften; der Cultus wird aber auch der Grund von Fehden und Kriegen, wenn der eine Stamm seine Gottheit den Nachbarn aufdrängt, um das Gebiet derselben zu erweitern und damit Einfluss auf andere Stämme zu gewinnen.

In der Geschichte der heidnischen Religion der Deutschen ist auf die Cultusgeschichte bis jetzt weniger Gewicht gelegt worden, als gut ist. Allerdings hindert auch hier die Dürftigkeit unserer Quellen. Aber immerhin sind Spuren genug schon in den Nachrichten, die Tacitus sammelte, vorhanden, um bestimmt geschiedene Cultusgebiete und geschichtliche Veränderungen in denselben zu erkennen.

Als Cultusverbände uralten Ursprungs werden die durch Plinius d. J. (h. n. IV, 28) und Tacitus (Germ. 2) überlieferten Völkergruppen der Ingvæones, Istvæones und Herminones zu nehmen sein. Tacitus hat durch die Anknüpfung dieser gentis appellationes an die theogonische Mythe die richtige Ahnung von ihrer Bedeutung bewiesen. Es sind Völkerbünde, die durch den gemeinsamen Cultus eines Stammgottes vereinigt wurden: die Ingvæonen durch den Cult des Ing-Nerthus, die Istvæonen durch den des Ist-Wodan, die Erminonen durch die Verehrung des Erman-Tiu. An den Stammgott knüpfte uralter Glaube den Ursprung der Volksgemeinschaft mittels halbgöttlicher Helden und Könige. Der Stammgott erschien dabei,

worauf Müllenhoff schon früh in seiner Abhandlung über Tuisko und seine Nachkommen (S. 222 f.) hingewiesen, nicht unter seinem eigentlichen Namen, sondern unter einem Beinamen, der die Vermittelung der Gottheit mit der Menschheit erleichterte.

Über den Cultus, der die Erminonen verband, gibt Tacitus wichtige Kunde im 39. Capitel der Germania, wo er von dem religiösen Bundesfest der Sweben erzählt, das zu bestimmter Zeit im Lande der Semnonen begangen ward. Die Semnonen hielten sich für das älteste und vornehmste Volk des Swebenbundes, der sich mit dem Umfang der Erminonen decken wird. Als Beweis ihres Anspruchs galt, dass in ihrem Gebiete der heilige Wald lag, in dem die grosse allwaltende Gottheit, und darum auch der Ursprung des Volkes gedacht ward. Hier kamen die Abgeordneten des Bundes zusammen, um dem mächtigen Gotte ein Menschenopfer zu bringen und, so dürfen wir schliessen, seinen Schutz für den Bund und die Unternehmungen desselben zu erflehen. Der Gott war Erman, nach dem die Erminonen sich nannten, in Ableitung von dem Heros Ermino: Erman der regnator omnium deus (Germ. c. 39), der allwaltende Tiu (*Tivaz).

Die Semnonen waren die Hüter des Bundesheiligthums. Und als sie von dem Lande zwischen der mittleren Elbe und Oder auswanderten und südwestwärts über die alte Waldgebirgsgrenze auf ehemals ungermanischen Boden zogen, nahmen sie die Heiligthümer des Tiu mit sich.

Die Schwaben, wie die Semnonen als Hauptkern der alten Sweben nun genannt wurden, galten noch lange als die Ziuverehrer (Cyuuuari Suuapa, Wessobrunner Gl.), und Augsburg, die schwäbische Stadt, ward aus der Augusta Vindelicorum die Ciuuesburc, Burg des Ziu.[1]

Östlich von den Semnonen-Schwaben hatten sich jenseits des Lechs andere erminonische Stämme niedergelassen, die Markomannen und andere, welche den Bajuwarennamen angenommen. Auch sie hatten den Tiucult in die neue Heimath getragen. Nur führte der alte Gott bei ihnen einen anderen Beinamen, den des Er (*Eraz). Der bairische Name des dritten Wochentages, des dies Martis, Ertag, der sich bis heute erhielt, zeugt gleich dem schwäbischen Ziestag, der in mundartlichen Gestaltungen fortblüht, noch jetzt von den alten Cultverhältnissen dieser süddeutschen Völker.

Verehrung des Tiu, den die Römer als Mars deuteten, weil er vornemlich Kriegsgott geworden, können wir ferner ausdrücklich bezeugen für die zum Swebenbunde ebenfalls gehörigen Hermunduren

[1] Ciuitas augustensis i. e. Ciesburc Bouquet recueil d. hist. de la France II, 10.

(Ann. XIII, 57); ferner für rheinische Völker (Histor. IV, 64); für die Sachsen, deren Kern die Cherusker waren (vergl. weiter unten); für die Friesen nach den britannischen Votivsteinen, welche uns den Mars Thingsus kennen lehrten.

Die Verehrung des uralten grossen Himmelsgottes Tiu ist in ältester Zeit allen Germanen gemein gewesen, und mit Recht lässt Tacitus einen der Abgesandten der Tencterer zu den Ubiern im batavischen Aufstande von dem Mars als dem bedeutendsten der gemeinsamen Götter reden (Histor. IV, 64).

Aus dem allumfassenden, das Leben der Natur und der Menschen beherrschenden Gotte Tiu hatte sich wahrscheinlich früh der Gewittergott ausgesondert, den die Germanen Thonar hiessen. Die Römer verglichen ihn nach den Mythen, die sie von ihm als dem heroischen Kämpfer gegen alle Feinde der Menschen und ihres entwickelten Lebens vernahmen, ihrem Herkules. Eines seiner Heiligthümer lag im Lande östlich der Weser (Ann. II, 12), und noch weit später ward er in jenen Gegenden verehrt, denn das sächsische Taufgelöbniss aus den Anfängen der Sachsenbekehrung nennt Thunar als den ersten der drei grossen Heidenteufel, vor dem Wodan und dem Saxnot (Tiu).[1]

Auch bei den Südnachbarn der Sachsen, den Hessen, blühte im 8. Jahrhundert sein Cult, denn den Hauptschlag gegen ihr Heidenthum führte Winfried-Bonifazius, als er das robur Jovis, eine Eiche von wunderbarer Grösse, die dem Thonar geweiht war und bei Geismar stund, niederhieb ohne dass ihn die Strafe des Gottes traf. Auch in Thüringen musste sich Bonifaz gegen den Jupiterdienst wenden, d. i. gegen die Verehrung des Thonar, der inzwischen vom Herkules zum Jupiter geworden war. Thunar und Wodan, Jupiter und Mercurius, stunden auch bei den Niederfranken im 8. Jahrhundert als die Hauptgötter nebeneinander.

Aber seinen eigentlichen Boden hatte der Donnergott bei den skandinavischen Germanen gewonnen, wie nachher näher ausgeführt werden soll.

Das Gebiet der Ingvæonen, der proximi oceano (Germ. c. 2), lag an der unteren Elbe, süd- und nordwärts des Stromes, an den Küsten und auf den Inseln der Nord- und Ostsee. Hier pflegten die sieben Völkerschaften, Reudigni, Aviones, Anglii, Varini, Eudoses, Suardones, Nuithones, in wald- und wasserreichen Landschaften das Bundesheiligthum, den Cult des von den Römern als Terra mater gedeuteten

[1] Thonar und Vuaten in den Versen des Paulus Diaconus, die Dümmler Z. f. d. Alt. XII, 452. ff. herausgab, sind zwar als Dänengötter von Paulus angeführt, werden aber wohl auf sächsische Quelle zurückgehen, wie Dümmler vermuthet hat, ebd. S. 449.

numen Nerthus (Germ. 40). Wie Nerthus nach der grammatischen germanischen Form Masculinum und Femininum sein kann, so ist mythologisch in dem numen eine doppelgeschlechtige Gottheit enthalten, ein Geschwisterpaar, das zugleich ein Ehepaar war. Der männliche Theil tritt in Skandinavien als Niorþr auf; durch seinen Beinamen Ing (*Iggvaz) aber ist er Stammgott der Ingvæonen, und durch diesen Namen können wir auch verfolgen, dass sein Cult von den ingvæonischen Stämmen nach England hinübergetragen ward. Die Ausbreitung desselben Cultus nach dem Norden wird uns nachher beschäftigen.

Unter allen Göttern eroberte sich die grösste Bedeutung und ward den andern der gefährlichste der Stammgott der Istvæonen, Istvaz-Wodan. Wie die westlichen, fränkischen Stämme durch den eigenthümlichen furor des zur Alleinherrschaft strebenden merwingischen Königsgeschlechts, das in blutigen rücksichtslosen Kämpfen die anderen alten Königs- und Adelsgeschlechter der Franken vernichtete, und dann ein deutsches Land nach dem andern sich unterwarf, nach und nach die Gesammtmasse des Volkes vertraten und ihr Name sich über die Deutschen überhaupt breitete, so hat ihr Gott, dessen Namen Wodan spätere christliche Chronisten noch als furor übersetzten (Adam. eccl. hamab. hist. IV, 26) in merkwürdigem Siegeslauf seinen Cultus weiter und weiter vorgedrängt, erminonische und ingvæonische Völker unter sich gebeugt, bis die systematisirenden Mythologen des 12. und 13. Jahrhunderts es nicht anders wussten, als dass Oþinn das Haupt des Götterstaates und alle anderen Götter seine Söhne wären.

Die Geschichte der Ausbreitung des Wodancultus ist von der grössten Wichtigkeit für die Geschichte der germanischen Religion.

Die Römer, welche die westlichen Deutschen am genauesten kennen lernten, wussten nicht anders, als dass Mercurius, wie sie Wodan interpretirten, bei den Germanen die höchste Verehrung genoss.[1] Mag auf ihre Ansicht auch das eingewirkt haben, was sie über die Verehrung des Mercur bei den Galliern wussten, so wird doch als deutscher Bestand der Gleichung Mercurius-Wodan bleiben, dass Wodan eine germanische Gottheit war, ähnlich dem im augustaeischen Zeitalter aus dem griechischen Hermes von den Römern voll entwickelten Mercurius, geistig rührig, in das Leben überall eingreifend, ein Förderer geschäftigen Verkehrs, mächtig der Rede und Dichtung. Schon sein Name Wodan, der nur Weiterbildung des einfachen wôd—

---

[1] Deorum maxime Mercurium colunt, sagt Tacitus Germ. c. 9 in Nachbildung dessen, was Caesar b. g. VI, 17 über die Verehrung des gallischen Mercurius schrieb.

ist, weist durch die Verwandtschaft mit lat. vates, sanskr. vâtas, und durch die Bedeutung der germanischen Worte angels. vôd (Ruf, Schall; Rede, Gedicht) altnord. óþr (Geist; Sang, Gedicht) auf das innerliche, geistige Wesen Wodans entschieden hin.

Früh muss er als Siegesgott gegolten haben, weil er, der Gott geistiger Begabung, auch die Kriegskunst verstund und lehrte. Darum trat er eng an die Seite Tius, des allwaltenden Gottes über das ganze Leben, der, weil das germanische Leben in jenen Zeiten am höchsten im Kriege seine Wellen schlug, der vihans,[1] der Kriegsgott der Deutschen war und von den Römern deshalb als Mars bezeichnet ward.

In dieser Nebeneinanderstellung zeigt eine Stelle in Tacitus Annalen (XIII, 57) Mars und Mercurius. Als die Hermunduren im Jahr 58 n. Chr. mit den Chatten um den salzhaltigen Grenzfluss kämpften, versicherten sie sich des Sieges, indem sie jenen zwei Göttern, also dem Tiu und Wodan das feindliche Heer zum Opfer gelobten.

Die langobardische Sage berichtete,[2] dass dieses Volk, als es noch Winilen hiess, vor einer entscheidenden Schlacht gegen die Wandalen ebenso wie diese zu Gwodan um den Sieg gebetet und durch Freas Gunst, der Gemahlin des Gottes, ihn erlangt hätten.

Wie Odin bei den Skandinaviern als Siegvater, sigfaþir, Sieggott, sigtýr galt und den Sieg nach seinem Willen den Königen gab, berichten Lieder und Sagen oft genug.

So breitete sich durch diese gewaltige Eigenschaft und die ganze Macht wunderschaffender Geisteskraft Wodans Verehrung über seine ursprünglichen Volksgrenzen aus.

Selbst die Schwaben, die eigentlichen Tiuverehrer, schlossen sich allmählich gegen den Wodancult nicht ab. Aus der ersten Hälfte des 7. Jahrhunderts erzählt Jonas von Bobbio in der Vita des h. Columban von dem Opferfest eines schwäbischen Stammes am Bodensee, in das der Missionar gerieth. Eine sechsundzwanzig modii fassende Kufe war mit Bier gefüllt zum Opfertrunk für die Verehrer des Wodanus quem Mercurium vocant alii.[3]

Wodans Stellung bei den Thüringern bezeugt der eine Merseburger Spruch, der ihn als den heilkundigsten Gott kennt.

---

[1] Bei Tongern ward 1855 ein Bronzeplättchen mit der Inschrift gefunden: VIHANSAE | Q • CATTVS • LIBO • NEPOS | CENTVRIO • LEG • III | CYRENAICAE• SCV | TVM • ET • LANCEAM • D • D • | Noch in den Skaldskaparmál wird dem Týr der Beiname vígaguþ gegeben.

[2] Prol. in ed. Rothari, Paul. Diac. hist. I. 8. Hist. Francor. epitome.

[3] Für das Eindringen Wodans bei den Schwaben zeugt noch heute der schwäbische Name des wilden Hees: 's Muotes her. (m— w Alem. Gr. S. 132).

Gleich den Schwaben verehrten auch die Sachsen des 8. Jahrhunderts neben Saxnôt-Tiu, ihrem Hauptgott, den Thonar und den Uuôden nach dem unverwerflichen Zeugniss der Abschwörungsformel bei der Taufe (Müllenhoff-Scherer Denkmäler Nr. LI). Wenn den Skandinaviern später Odin als der eigentliche Sachsengott erschien (Fornmannasǫg. V, 235), so weist das einmal darauf, dass der Wodancult in Nieder-Deutschland grossen Umfang gewonnen hatte, sodann aber auch darauf, dass der Odincult über Sachsen in den germanischen Norden gekommen war. Eine Erinnerung daran mag in dem euhemeristischen[1] Bericht Snorre Sturlesons über die Einwanderung des Asen-Odin mit den anderen Göttern (díar) in die Nordlande enthalten sein (Ynglingas. c. 5), wonach Odin von Saxaland aus nach Fünen und Seeland gekommen sei.

Wie fest Wodan bei den sächsischen Stämmen eingewurzelt war schon im 5., 6. Jahrhundert, bezeugen die angelsächsischen Königsgenealogien, deren älteste, die von Kent, durch Beda (c. 755) überliefert ist, und die sämmtlich auf Wóden als Stammvater der edlen Geschlechter zurückgehen, die Britannien eroberten. Aus neuer Zeit bezeugen es noch die niedersächsischen Sagen und Gebräuche, in denen Wode oder Wod (Gwode, Gode) auftritt, die in Altsachsen wie in den sächsischen Besiedelungsländern, Mecklenburg, Pommern, Altmark und Priegnitz bis heute fortleben.

Für Wodan als Gott der Ostgermanen fehlen die Zeugnisse. Über das gotische Heidenthum sind wir schlecht unterrichtet. Nur vermuthen können wir, dass der gemein germanische, ja indogermanische Tius (Tivaz) der Hauptgott der Goten gewesen ist.

Für die lugisch-wandalischen Völkerschaften berichtet Tacitus (Germ. c. 43) von dem im Gebiete der Naharnavalen geübten Cultus des göttlichen Brüderpaars Alcis, welches den Römern Castor und Pollux vergleichbar erschienen war. Mehrere Jahrhunderte später haben die Wandalen, nach Paulus Diaconus I, 8, zu Wodan um den Sieg gebetet. Es wäre also möglich, dass der Siegesgott Wodan seinen Eroberungszug auch zu den östlichen Germanen ausgedehnt hätte. Derselbe Paulus Diaconus sagt an jener Stelle: Wodan ab universis Germaniae gentibus ut deus adoratur.

Für die skandinavischen Germanen haben die genaueren Untersuchungen der ältesten Denkmäler ergeben[2], dass Þórr (Thonar) nicht

---

[1] Es scheint nicht ganz überflüssig, auf die klare Verurtheilung der euhemeristischen Irrthümer Saxos und Snorres sammt Nachfolgern bei Köppen literar. Einleitung in die nordische Mythologie, Berlin 1839, S. 181—189 hinzuweisen.

[2] H. Petersen, om Nordboernes gudedyrkelse og gudetro i Hedenold. Kjøbenhavn 1870.

bloss in Norwegen und dem von dort besiedelten Island, sondern auch in Schweden und Dänemark durchaus der Land- und Volksgott gewesen ist. Wo die nordländischen Seefahrer, die »Dänen«, in der Fremde auftraten, in der Normandie, wie in England, wusste man nicht anders, als dass Thor der Dänengott sei, und ebenso galt in Gardariki (Russland) der Donnergott als Gott der Nordleute.

Wenn nun in den mythologischen Liedern der Sæmundar-Edda, in den Skaldengedichten, sowie bei den Mythologen des 12. und 13. Jahrhunderts Odin der Fürst und der väterliche Herr der Ansenfamilie ist, der vornehmste und bedeutendste Gott, und wenn wir andrerseits in den schwedischen Landschaften die Verehrung des Freyr und der Freyja verbreitet sehen, so werden wir annehmen müssen, dass eine Einwanderung des Odin- wie des Wanencults in die Länder des Thordienstes geschehen ist. Beides sind fremde Culte, welche nach Skandinavien von Süden her eingedrungen sind.

Wodan eignete sich — es sei erlaubt, modern zu sprechen — zum Gott der vornehmen und gebildeten Kreise, wie kein andrer germanischer Gott. Die Gleichung mit Mercurius hat uns diese Entwickelung seines Wesens schon für die Anfänge unsrer Zeitrechnung bewiesen; er war längst fertig als kriegskundiger, siegverbürgender Gott und als Gott des Könnens und Wissens, der zu religiöser Wirkung und geistiger Erfreuung kunstvoll gebundenen Rede, als sein Cult nach Skandinavien eindrang. Die abenteuernden, Sieg und Beute suchenden Seekönige mit ihren Leuten; die Skalden, die zum guten Theil zugleich kriegerische Helden waren, wurden seine Gemeinde. Der alte Landgott Thor blieb der Gott der Bauern, der freien kleinen Männer. Was vornehm war oder sein wollte, bekannte sich zu Odin.

Die Norweger, welche sich dem Königthum Harald's des Haarschönen trotz dessen Siege (872) nicht unterwerfen mochten, retteten sich und ihren Gott Thor nach Island. Auf die Balkenenden der Häuser, die sie auf der Insel zu gründen gedachten, schnitten sie einen Thorskopf aus, und unzählige von ihnen trugen schon in ihren Eigennamen das Thorszeichen hinüber. Kein einziger Name dieser Auswanderer hat eine Spur von Odin.[1]

Einige aber erinnern an Freyr, den Wanengott.

Früher als Wodan, oder wie ihn die Skandinavier seit dem 9. Jahrhundert in ihnen eigener Lautveränderung nannten, »Odin (Óþinn)«, scheint Niǫrþr mit seinen Kindern Freyr und Freyja nach

[1] Vergl. die Namenverzeichnisse zum 1. Bande der Islendinga sǫgur. Kjøbenhavn 1843.

den Nordlanden gekommen zu sein.[1] Es sind die Gottheiten der deutschen Ingvæonen, welche die nächsten Südnachbarn der Skandinavier waren und gewiss sehr früh mit den Dänen, den Gauten und Swionen und den südlichen Norwegern in Verkehr getreten sein werden. Der geistige Austausch, der eigentlich eine geistige Einfuhr deutscherseits war, wird mit dem Handelsverkehr sich verbunden haben. Mit den Schiffern und Kaufleuten kamen ihre Götter[2], und diese Götter waren heitere Gottheiten, die ein fruchtbares, reiches und friedliches Leben beschützten und liebten. Ihr Cult fand namentlich in Schweden Aufnahme, muss aber auch in Dänemark und Norwegen Anhänger gefunden haben.

Von einem harten Zusammenstoss der Wanenreligion und der Thorsreligion zeigt sich keine Spur.

Dagegen hat die nordische Mythologie eine sehr deutliche Erinnerung an einen Krieg Odin's und der Ansen mit den Wanen bewahrt.

Nach dem bisher ausgeführten werden wir in diesem Mythus vom Wanenkrieg zunächst eine Urkunde von dem feindlichen Zusammenstoss der eindringenden Odinreligion mit der früher schon im Norden eingeführten Wanenreligion erblicken. Andere weitere Erwägungen werden sich daran knüpfen.

Von dem Wanenkriege geben Strophen der Vǫluspá (21—24 Bugge, 7—10 Müllenhoff) die älteste Nachricht. Zu ihnen ist das 4. Kapitel der Ynglingasaga ergänzend zu halten.[3]

21. þat man folkvíg fyrst í heime,
es Gollveigo geirom studdo
ok í hǫllo Hárs hana brendo,
þrysvar brendo þrysvar borna
[opt ósjaldan, þó hon enn lifer].
22. Heiþe héto hvars til húsa kvam
vǫlo velspaa: vitte ganda,
seiþ hvars kunne, seiþ hugleikenn,
á vas angan illrar brúþar.

---

[1] Dafür, dass die Wanen- früher als die Odinreligion nach Skandinavien kam, kann als Beweis gelten, dass den Wanengöttern der Vorwurf der Geschwisterehe gemacht ward. Eine uralte Eheverbindung, die jüngerer Anschauung anstössig erschien, tritt hier hervor.

[2] Die Erinnerung daran, dass Ing-Nerthus über die See zu germanischen Völkern zog, ist der Kern der Strophe im angelsächsischen Runenliede: Ing wæs ærest mid Eastdenum gesewen secgum, oþ he siddan eft oþer wæg gewat, wæn æfter ran: dus Heardingas đone hæle nemdun.

[3] Das böse Nachspiel des Krieges, das die Strophen 25. 26 (11. 12) und der Svadilfarimythus (Gylfaginning c. 42) behandeln, geht uns hier nichts an.

23. Gengo regen ǫll   á rǫkstóla,
ginnheilog goþ,   ok of þat gǽttosk:
hvárt skyldo Ǽser   afráþ gjalda
eþa skyldo goþ ǫll   gilde eiga.
24. Fleygþe Óþenn   ok i folk of skaut:
þat vas enn folkvig   fyrst i heime.
brotenn vas borþveggr   borgar Ása,
knǫtto Vaner vigská   vǫllo sporna.

In deutscher Übersetzung:

21. Des gedenkt die Wala als des ersten Volkskriegs in der Welt,
als Goldweig sie mit Geren stachen
und in der Halle des Hohen sie brannten,
dreimal brannten die dreimal geborene
(oft, unselten, dennoch lebt sie noch).
22. Heid (Zauberin) hiessen sie, wohin immer der Häuser sie kam,
die gut spähende Seherin. Sie beschwor die Geister,
Zauber übte sie wo sie wusste, Zauber mit Lust.
Stäts war die Wonne sie bösen Weibsvolks.
23. Es gingen die Ratenden all auf die Rechtstühle,
die hochheiligen Götter und sorgten darum,
ob solten die Ansen Busse zahlen,
oder die Götter alle solten Opfer geniessen.
24. Odin warf und schoss in das Volk:
das war der erste Volkskrieg in der Welt.
Gebrochen ward die Randwand der Ansenburg,
die kriegskühnen Wanen vermochten das Feld zu stampfen.

Wir hören in diesen Strophen, dass die Ansen die zauberkundige Goldweig gemisshandelt hatten und dass dies zum Streit mit den Wanen führte. Dieselben verlangen Busszahlung dafür, oder dass sie den Ansen gleichgestellt würden. Nach gehaltenem Rath überlassen die Ansen die Entscheidung den Waffen. Odin schiesst den Ger in das feindliche Heer (nach altgermanischem Gebrauch ist das ein symbolisches Zeichen für die Opferweihe alles feindlichen) und der Krieg, der erste in der Welt nach der Vǫluspá beginnt.

Wer jene Goldweig war, welche die Ansen mit Geren stachen und dreimal verbrannten, die aber dreimal wieder auflebte, also die unsterbliche Goldweig, ist nicht schwer zu beantworten. Sie ist natürlich eine Wanin, da die Wanen ihretwegen Genugthuung von den Ansen fordern. Goldweig ist ohne Zweifel die Göttin, deren Thränen Gold sind,[1] die mit Óþr dem Reichen vermählte, schmuckfrohe (menglǫd) Trägerin des strahlenden Brustgeschmeides (brisingamen), die Mutter der Hnoss, mit einem Wort Freyja, Niǫrþs Tochter. Gollveig, Goldkraft, mit des Goldes Kraft begabt, ist ein höchst angemessener Beiname der goldigen Wanengöttin.

---

[1] Gull er grátr Freyju (Freyjutár) Skaldskap. 37.

Ob Müllenhoff (D. Alterth. k. V. 1, 96) Recht hatte, in dem Stechen und Brennen der Goldweig den mythologischen Ausdruck für die metallurgische Behandlung der Golderze zu sehen, lassen wir vor der Hand dahin gestellt. Jedenfalls ist nach dem Liede Goldweig durch Odin und die Seinen gemisshandelt worden, und als Grund dafür hören wir, dass sie eine Zauberin war, oder nach der Ynglingasage c. 4, dass sie Zauberkünste, welche bei den Wanen üblich waren, zuerst bei den Ansen gelehrt hatte.

Es hat demnach eine störende Berührung religiöser Übungen, mit anderen Worten des Cultus der Wanen mit dem Ansencult stattgefunden, der zu Kriegen der Anhänger der zwei Religionen führte, die nach der Ynglingasage mit schwankendem Glück geführt wurden, in denen aber schliesslich nach Vǫluspá 24 die Wanen die Ansenburg brachen und einen entscheidenden Sieg in offener Feldschlacht gewannen; mit anderem Ausdruck: die Bekenner der Wanenreligion erzwangen von den Bekennern der Odinreligion Anerkennung und es ward ein Religionsfriede geschlossen, wonach sich beide Religionen durch Vertrag im Recht gleich stellten.[1] Die Wanen wurden, nach mythologischer Sprache, unter die Ansen aufgenommen.

Die Worte der Vǫluspá über die Zauberin Goldweig klingen sehr an die euhemeristische Erzählung Snorre Sturlesons in der Ynglingasage (c. 4). Der Geister- und Sudspuck ist Verhüllung des eigentlichen alten Kerns im Wesen Freyjas.

Freyja ist die reiche, üppige, liebes- und goldkräftige Göttin; sie kann in dem Mythus das Gold und dessen verführerische Gewalt vertreten. »Die Meinung des Mythus«, sagte Müllenhoff zur Runenlehre S. 48, »ist ganz einfach, dass durch das Gold das Böse in die Welt gekommen ist«.

Schliessen wir uns einmal — freilich mit Vorbehalt — dieser Deutung an.

Die verderbliche Gewalt des Goldes war ein Erfahrungssatz für die Germanen geworden. Aus dem fünften Capitel der Germania klingt durch die auf römische Verhältnisse zurückdeutende Rede des Tacitus die innere Abneigung der Deutschen gegen das verlockende rothe Gold heraus. Wie es zum vernichtenden Fluche auch für die Edelsten und Höchsten werden konnte, ist im Mythus von dem Goldring des Zwerg Andvari durchgeführt. Dieses Gold, das der Unterirdische gezwungen herausgeben musste, brachte allen Besitzern den Tod. Hreidmar, Fáfnir, Regin, Siegfried, Brünhild verfielen tragischem Untergang.

---

[1] Über die symbolische Art der Verbrüderung Bragaroedur 57.

Nun waren die Wanen die reichen Götter; das Gold glänzte von ihrer jungen schönen Freyja. Handel und Schiffverkehr, ebenso der Ackerbau in günstig gelegenen Landschaften hatten ihre Anhänger reich gemacht. Ein üppiges, dem Sinnengenuss geneigtes Leben lässt sich aus dem, was über den Freydienst in Schweden berichtet wird, schliessen. So ist eine bis zur Feindseligkeit gesteigerte Abneigung der Bekenner anderer, strengerer Culte gegen die Wanenverehrer sehr wohl begreiflich. In den Versen: »Goldweig übte Zauber — Stäts war sie die Wonne bösen Weibsvolk«, liegt eine sittliche Verurtheilung des Freyjadienstes durch die Odinverehrer.

Und so erhalten wir wieder eine Bestätigung der Annahme, dass in der Erzählung vom Wanenkriege, wie Vǫluspá und Ynglingasaga sie geben, ein Stück nordgermanischer Religionsgeschichte überliefert ist. Auf den dänischen Inseln, in Schonen, Götaland, in Sviarike sassen zahlreiche, durch deutsche Ingvæonen bekehrte Anhänger der Nerthusreligion. Zu den Anhängern Thors hatten sie sich friedlich gestellt; aber als der Odinscult eindrang, erfolgte ein Zusammenstoss.

Bei diesem religionsgeschichtlichen Gewinn dürfen wir uns jedoch nicht beruhigen. Hinter dem Kampf der Religionen, d. h. der Bekenner derselben, steht der Kampf der Götter selbst als der innerste Kern des Mythus.

Der sittliche Gegensatz der beiden Göttergeschlechter ist die Metamorphose ihres natürlichen, elementaren Gegensatzes.

Die Wanen (altn. Vanir, d. pl. Vǫnum) zunächst, sind, wie die Bedeutung ihres Namen: die glänzenden, schönen, ergiebt, Gottheiten des Lichtes, der Sonne.[1] Sie tragen einen durchaus germanischen Namen, und schon dieses hätte ihre willkürliche Verweisung an die Kelten, Slaven oder Aisten denen, die sie beliebten, verbieten müssen. Auch Müllenhoff's etwas unklare Worte (Z. f. d. A. XXIII, 11) »der Wanencultus ist, wenn nicht geradezu aus der Fremde eingeführt, doch im Verkehr mit fremden Schiffern und Handelsleuten entstanden, dadurch veranlasst und unter dem Einfluss der Fremde ausgebildet«, widerlegen sich durch das deutsche Wort Wanen, wogegen die sehr zweifelhafte Ableitung des Gottesnamen Nerthus vom gallischen nertos, Kraft, Macht, Stärke, die zuerst H. Leo (Z. f. d. A. III, 226) aufstellte, und die W. Müller (Geschichte und System der altdeutschen Religion 47), Müllenhoff (a. a. O.) und Mannhardt (Wald- und Feldculte I, 571)

---

[1] Der Adjectivst. wano erscheint mit -mo Suffix im alts. Adj. wanom, wanum, clarus, splendens, wozu das Adv. wanamo, das Subst. wanami, claritas, splendor, gehören. Das Adjectiv wanom ist eng verwandt mit dem sanskr. Adj. vâma (= vanma) schön. In der Vedensprache findet sich Subst. vanas, Schönheit, Reiz. Es vergleichen sich ferner lat. Venus, venustus.

wiederholten, nichts bedeutet. Denn wie hätte ein deutscher Völker- und Cultbund seine oberste Gottheit mit einem gallischen Namen nennen können? Ausserdem hätten sich alle, welche die Wanen für undeutsch oder doch durch Berührung von Deutschen und wer weiss welchen Fremden erzeugt erklärten, erinnern sollen, dass der wanische Ing, den sie selbst als Nerthus deuten, in die älteste germanische Theogonie gehört.

Die elementare Grundeigenschaft des Geschlechts ist in dem Haupte desselben, so weit der skandinavische Niǫrþr darauf einen Schluss machen lässt, hinter abgeleitete Kräfte und Eigenschaften zurückgewichen, indem er, der altnordisch auch kurzweg der Wane oder der Wanensohn (Vanr, Vananiþr) heisst, zum Schutzgott günstiger Seefahrt, sommerlichen Fischfangs und des Erwerbs und Handels gemacht ist und daher als der Vermögen gebende Gott (it fégjafa guþ) gepriesen wird. Mehr von dem Sonnenglanz und der aus Licht und Wärme geborenen Sommerwonne strahlt von Niǫrþs ingvæonischer Schwester und Gattin Nerthus aus. Der Nerthus töchterliche Wiedergeburt, die nur aus skandinavischer Mythologie bekannte Freyja, ist, wie wir früher schon hervorhoben, die schöne glänzende Herrin, wie ihr Name sagt, die goldene Sonnengöttin. Freyjas Bruder Freyr aber hat das rechte elementare Erbe vom Vater überkommen. Er gebietet über Sonnenschein und Regen, giebt Fruchtbarkeit den Saaten wie den Menschen, und heisst der Herr kurzweg, gleichwie Apollon Κύριος genannt ward. Freundliche, heitere, sonnige, reiche und milde Gottheiten sind diese Wanen.

Welche Gottheiten stehen nun überall den Sonnengöttern feindlich gegenüber?

Überall sind es die chthonischen Götter, die Mächte der Erde, der Finsterniss und des Todes.

Sind wir nun aber berechtigt, die Ansen für solche chthonische Mächte zu erklären? —

Allerdings die Ansen schlechthin durchaus nicht. Wohl aber hat Oþinn-Wodan, welcher den Krieg gegen die Wanen nach der Voluspá beginnt, viele Züge, die ihn als chthonischen Gott und als Feind der Sonnenwesen erkennen lassen. Wie Ζεύς χθόνιος sich zu dem olympischen Zeus verhält, so stehen in Wodan die chthonische und die himmlische Seite neben oder gegen einander. Ja die himmlische scheint die jüngere, die sich erst entwickelte, als Wodan den uralten Himmelsgott Tiu zurückgedrängt hatte. Gerade die Nachtseite Wodans hat der deutsche wie der skandinavische Volksglaube bis in die Gegenwart sehr zähe festgehalten.

Denn dieser kennt den alten Heidengott noch jetzt als den Nachtjäger, der im dunkeln weiten Mantel und tief herabhängendem

Schattenhut, von heulender Meute umtost, eine Frau oder auch gewisse Thiere jagt und tödtet. Das ist der Gebieter über die dunkelen tief zur Erde hängenden Wolken, den die Winde umheulen, der die Nacht über den Himmel treibt und die Sonnenfrau oder die Sonnenthiere Ross, Eber und Hirsch zerreisst, die aber immer wieder lebendig werden, so dass die Nachtjagd immer von Neuem beginnt. Denn die Sonne stirbt nicht, sie wird an jedem Morgen neu geboren, um jeden Abend wieder zu vergehen.

Dass das germanische Volk durch alle Veränderungen seiner Anschauung und Bildung hindurch gerade dieses Bild des alten Gottes so fest gehalten hat, beweist wie alt und mächtig dasselbe war.

In des Nachtjägers oder wilden Jägers Gefolge jagen die Seelen der Todten einher. Wie den indischen Indra die marutâs, die mortui, umgeben, so den germanischen Wodan ein Heer, in das alle verstorbenen Geister eingereiht werden. Wodan ist also auch Todtengott, nicht bloss Nachtgott.

In seinem unterirdischen, in Deutschland als Berghöhle gedachten, in Skandinavien zur kriegsfürstlichen Halle umgewandelten Hause, der Todtenhalle, valhǫll, wie die Nordgermanen sagten, sitzen, wenn er ruht, die Geister der Abgeschiedenen um ihn und nähren sich vom Fleisch des gejagten Sonnenebers. Es waren die Seelen aller Todten ursprünglich, nicht bloss die Seelen der durch Waffen Gestorbenen, wie jüngere Vorstellung der Wikingerzeit war. Er hiess valfaþir, der Todtenvater, draugadróttinn, Gespensterherr, nach jüngerem Ausdruck.

Dem Wodan fallen die höchsten blutigen Opfer, die Menschenopfer, wie schon Tacitus wusste (Germ. c. 9). Und er verlangt Seele um Seele. Wer sein Leben verlängern wollte, musste ein anderes Leben dafür opfern, wie es dem Schwedenkönig Ǫn geschah, der seine neun Söhne, einen nach dem anderen, dem Odin von zehn zu zehn Jahren opferte, bis er ganz kindisch geworden, wie ein Säugling aus dem Milchhörnlein trank (Ynglingas. c. 29). Aus diesem Todeswesen Odins ging sein Beiname Yggr, Yggjúngr, der Schreckliche, hervor.

Der Todesgott ist überall auch Wintergott, denn der Winter ist der Tod des Naturlebens. In dem nordischen Gott Ullr, welcher Odin's Sohn genannt wird, ist diese Eigenschaft zum selbständigen Gotte entwickelt worden.

Das symbolische Thier der chthonischen Mächte ist die Schlange. Unter Odin's Beinamen kennt die nordische Mythologie Ofnir und Sváfnir, beides Schlangennamen (Grimnismál 54. 33). Zu der den Göttertrank hütenden Jungfrau in der Bergeshöhle schlüpft Odin als Schlange, gleich wie Zeus zu der von Demeter verschlossenen Persephone als Schlange schloff.

Nach der vita S. Barbati verehrten die Langobarden eine goldene Schlange als göttliches Bild. Da jenes Volk Sieg und Namen dereinst dem Wodan verdankt hatte, liegt nahe, diese Schlange als Wodanszeichen zu deuten.

Die chthonische Bedeutung der Schlange im deutschen Volksglauben erhellt noch aus der verbreiteten Vorstellung, dass in der Erde unter dem Wohnhause die Geister des Ahnenpaars der Familie in Schlangengestalt sich aufhalten. Wir dürfen sie zu Wodan, dem Erd- und Seelengott in Verbindung bringen.

Wenn die aus Hunderten von Sagen bekannte weisse Berg- und Burgjungfrau bei dem Versuche der Erlösung durch einen Mann in dem entscheidenden Augenblick stets als Schlange erscheint, so entspringt dies daraus, dass sie eine Unterirdische geworden ist, welche für das Leben im Licht wiedergewonnen werden soll.

Wenn wir alles Erwähnte zusammennehmen, so wird es hinreichen, Wodan-Odin als Herrn der Unterwelt, der Nacht, des Todes zu erkennen. Mit seiner chthonischen Natur hängt auch seine Bedeutung als Erntegott in Saatfeld und Wiese zusammen. Denn nicht bloss die himmlischen oberen Gottheiten, auch die Erdgottheiten mussten der götterbildenden Zeit als Urheber des Wachsthums der Pflanzenwelt, der Erdentsprossenen, erscheinen.

So steht also Wodan durch seine Grundeigenschaften den Wanen feindlich gegenüber. Mit den Geistern der Nacht bekämpft er die Sonnengötter, mit den Geistern des Todes die Mächte des Lebens, die Unterirdischen bekriegen die Himmlischen.

Erst als Wodan an die Spitze der Ansen gekommen war, sind die Ansen in diesem Mythus an Stelle des Wodanheers (des Nachtgejaids, der wilden Jagd, des wüthenden Heeres) gestellt und der uralte Streit von Nacht und Tag zum Krieg der Ansen und Wanen gemacht worden.

Jetzt werden wir auch die Verse der Vǫluspá (21) verstehen:

Gollveigo geirom studdo
ok i hǫllo Hárs hana brendo,
þrysvar brendo þrisvar borna.

Es ist die Verfolgung der Sonnengöttin durch den gerschwingenden Wodan gemeint. In seine Halle, d. i. die Unterwelt, durch ihn getrieben, wird sie von den Gerwürfen und -stichen und dem unterirdischen Feuer scheinbar getödtet, aber trotzdem wird sie immer wieder geboren.[1]

---

[1] In der Volksüberlieferung von Northamptonshire in England heisst es, dass in den Wäldern von Whittlebury der Geist eines Ritters, der sich aus unglücklicher

Nach den deutschen Volkssagen zerreisst der wilde Jäger die Frau oder die Thiere, die er jagt. In dem Sang der Wala ist der Tödtung der Sonnenfrau eine nordische Formulirung gegeben. Das thatsächliche des Mythus ist dem gesammten germanischen Glauben gemein gewesen, wie es auch der Mythus vom Wanenkrieg gewesen sein muss, der aus der Gegnerschaft der chthonischen und himmlischen Mächte entsprungen ist.

Überliefert ist dieser Mythus schriftlich nur aus dem Norden. Er ist hier in Zusammenhang gekommen mit der Einwanderung der Wodansreligion, die mit der Wanenreligion zusammenstiess.

Wenn diese Einwanderungen geschehen sind, hüllt sich in Dunkel. Wodans Wesen war, wie wir mehrmals betont haben, in Deutschland längst fertig und brauchte sich nicht erst in Skandinavien zum fürstlichen, dichterischen, siegreichen Oþinn zu entwickeln. Die geschichtlichen Verhältnisse des deutschen Heidenthums sprechen dafür, dass die Wodansreligion geraume Zeit vor 800 über Sachsen in den Norden einzog. Dafür das Jahr 600 etwa anzusetzen, wie geschehen ist, bleibt Muthmaassung.[1]

Liebe tödtete, die spröde Jungfrau, die Ursache seines Selbstmordes, mit seinen Hunden jage. Er tödte sie täglich, aber täglich lebe sie wieder auf, um aufs Neue getödtet zu werden: Th. Sternberg, The dialect and folklore of Northamptonshire. S. 142 ff. London 1851.

[1] Prof. J. Hoffory hat in seinen Eddastudien 1,170 den in der Kragehuler Runeninschrift vorkommenden Namen Asugisal, den er Ansengeisel übersetzt, für die Geschichte des Mythus vom Wanenkriege, der durch gegenseitige Geiselstellung der feindlichen Parteien beendet ward, zu verwerthen gesucht. Da die Inschrift in das 6. Jahrhundert gesetzt wird, schloss er, dass jener Mythus schon vor dem 7. Jahrhundert in Skandinavien gebildet war.

Allein der Name Ansegisal ist 1. auch deutsch und aus dem 7. 8. Jahrhundert für Franken nachgewiesen; 2. ist Ansegisal nur Weiterbildung des einfachen Ansegis, das bei den Westfranken namentlich erscheint (Förstemann Namenbuch I, 106 f.). gis und gisal kommen in Namen häufig vor; die Bedeutung von gis ist dunkel; gisal ist wie es scheint deminuirende Fortbildung davon. Es mit gisal (obses) zusammenzulegen, machen die vielen Zusammensetzungen damit (Förstemann verzeichnete 34 Namen mit gisal im ersten, 49 mit gisal im zweitenWorttheil), die ganz sinnlos wären, wenn es Geisel bedeutete, unmöglich.

Für den Wanenkriegsmythus also aus jenem Namen auf dem Speerschaft von Kragehul auf Fünen eine geschichtliche Jahrsetzung zu entnehmen, verbietet sich.

Ausgegeben am 19. Juni.

1890.

XXX.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

---

12. Juni. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Auwers.

1. Hr. von Siemens las über das allgemeine Windsystem der Erde.

2. Hr. du Bois-Reymond setzte seine Mittheilungen über secundär-elektromotorische Erscheinungen an den elektrischen Geweben fort.

3. Hr. Rammelsberg liess eine Abhandlung über die chemische Natur der Turmaline vorlegen.

4. Hr. du Bois-Reymond überreichte das mit Unterstützung der Akademie herausgegebene Werk des Hrn. Prof. G. Fritsch: »Die elektrischen Fische. Zweite Abtheilung. Die Torpedineen«, und im Auftrage des Verfassers das Werk des Hrn. Victor Fatio in Genf: »Faune des Vertébrés de la Suisse. Vol. I. III—V.«

Die beiden ersten Mittheilungen und ein Auszug aus der dritten folgen hier, die ausführliche Veröffentlichung der letzteren geschieht in den Abhandlungen.

Über das allgemeine Windsystem der Erde.

Von Werner von Siemens.

Hr. Dr. A. Sprung hat im Maiheft der Meteorologischen Zeitschrift unter dem Titel: »Über die Theorien des allgemeinen Windsystems der Erde u. s. w.« eine vergleichende Kritik der in meiner Mittheilung an die Akademie vom 4. März 1886: »Über die Erhaltung der Kraft im Luftmeere der Erde« aufgestellten Berechnung der Richtung und Stärke der allgemeinen Luftströmung mit der älteren Ferrel'schen Theorie gebracht, welche mich zu einigen Bemerkungen veranlasst. Diese sollen nicht die, zum Theil ganz zutreffenden, Einwendungen des Hrn. Sprung gegen die strenge Gültigkeit meiner Rechnungsresultate, sondern die Annahme zurückweisen, dass ich, in gleicher Weise wie Ferrel, den Versuch gemacht hätte: »auf theoretische Berechnungen eine Theorie des allgemeinen Windsystems der Erde aufzubauen«. Ganz abgesehen davon, dass ich mich in der mathematischen Technik dafür nicht stark genug fühle, halte ich diesen Weg auch für durchaus ungeeignet. Ein so ausserordentlich complicirtes Problem, wie das des allgemeinen Windsystems, lässt sich unmöglich rückwärts auf Grund mathematischer Berechnungen construiren. Es fehlt dazu bisher die einfache, alle Erscheinungen beherrschende Grundlage. Ich habe in meinen Betrachtungen »über die Erhaltung der Kraft im Luftmeere der Erde« zunächst versucht die Kräfte festzustellen, welche die Luftbewegung hervorrufen, erhalten und hemmen und demnächst gesucht die durch ihr Zusammenwirken verursachte allgemeine Luftbewegung nach Richtung und Grösse durch Rechnung zu bestimmen. Es ist daher nicht richtig, dass ich: »in gleicher Weise wie früher Ferrel, durch Rechnung einen Urzustand der atmosphaerischen Bewegung nachweisen wollte«, um denselben demnächst meinen weiteren Speculationen zu Grunde zu legen. Ebensowenig richtig ist es, dass ich bei meinen Rechnungen von der Hemmung der Luftbewegung durch Reibung ganz abgesehen hätte. Die von Hrn. Sprung sehr treffend als »Grundcirculation« bezeichnete meridionale Luftströmung, auf der meine Theorie des allgemeinen Windsystems begründet ist, beruht ja gerade auf dem Gleichgewicht zwischen der

Beschleunigung der Luft im aequatorialen Auftriebe in Folge der Überhitzung der untersten Luftschichten der heissen Zone durch Sonnenstrahlung und den Kraftverlusten, welche die bewegte Luft auf ihrem Kreislaufe zu erleiden hat. Die Mischung der Luftmassen, welche ohne eine »Grundcirculation« mit der Geschwindigkeit der Erdoberfläche, auf welcher sie ruhen, rotiren müssten, ist durch dieselbe im Laufe der Jahrtausende erfolgt. Ich gebrauchte das mathematische Bild der plötzlichen reibungslosen Mischung der Luftschichten aller Breiten nur, um diesen seit der Urzeit schon vorhandenen Bewegungszustand in einfacher Weise nach Richtung und Grösse zu bestimmen. Ferrel geht nicht, wie ich, von einer Grundcirculation aus, welche die mit ihrer Breitengeschwindigkeit rotirenden Luftschichten fortlaufend austauscht und dadurch allmählig mischt, sondern lässt diese Mischung durch eine, nicht näher motivirte, reibungslose Verschiebung der rotirenden Luftringe verschiedener Breiten in meridionalem Sinne bewirken. Es ist dies im Wesentlichen dieselbe Rechnungsgrundlage, wie die meinem Mischungsbilde zu Grunde liegende, und Ferrel kommt daher auch zu demselben Rechnungsresultate, wie ich, soweit es die Richtung der Windströmungen betrifft. Dagegen besteht eine wesentliche Verschiedenheit in unseren Angaben über die relativen Windstärken nördlich und südlich der 35. Breitengrade. Der Annahme des Hrn. Sprung, dass keine der beiden Theorien als vollkommen correct zu betrachten sei, pflichte ich vollständig bei. Ich habe die meinige nie anders als eine erste Annäherung an die Wahrheit betrachtet. Ich habe in diesem Sinne auf die Rechnung complicirende Einflüsse, wie die nach den Polen hin abnehmende Temperatur und das nicht Zusammenfallen der Richtung der Centrifugalkraft mit der der Schwerkraft, ausser Betracht gelassen. Letztere Thatsache, deren Wirkung auch aus der Betrachtung hervorgeht, dass die in höherer Breite rotirende Luftmasse überall die Tendenz haben muss, sich in grössten Kreisen fortzubewegen, also dem Aequator zuzustreben, würde eine Abnahme des Luftdruckes mit Annäherung an die Pole bewirken und müsste dadurch das Resultat der Mischungsrechnung wesentlich beeinträchtigen, wenn diese Tendenz nicht durch andere Kräfte, welche die entgegengesetzte Wirkung haben, compensirt würde. Es sind aber nicht diese, sondern andere Annahmen principieller Natur, welche zwischen beiden Auffassungen einen sehr wesentlichen Unterschied bedingen und die zu ganz abweichenden Resultaten führen. Einmal ist dies die Annahme Ferrel's, dass der sogenannte Flächensatz in der Form der Erhaltung des Rotationsmomentes bei der Verschiebung der mit der Erdoberfläche rotirenden Luft im meridionalen Sinne zur Geltung käme. Ich kann dem nicht beipflichten, muss

im Gegensatz entschieden bestreiten, dass die Erhaltung des Rotationsmomentes bei der Luftbewegung Platz greift.

Das der Astronomie entnommene Flächengesetz besagt, dass eine Masse, welche sich frei um eine andere bewegt, in gleichen Zeiten gleiche Flächen umschreibt. Es geschieht dies in Folge der Beschleunigung der rotirenden Masse bei der Annäherung an den Anziehungs-Mittelpunkt der feststehenden Masse und der Verzögerung derselben bei eintretender Entfernung von demselben. Die durch Beschleunigung erlangte grössere Geschwindigkeit hat die Beschreibung eines grösseren Bogens in der Zeiteinheit zur Folge und führt dadurch zum Flächengesetz. Nach Ferrel müsste nun eine in irgend einer Breite mit der Erdoberfläche rotirende Luftmenge bei einer Verschiebung im meridionalen Sinne nicht, wie ich es annahm, mit unveränderter absoluter Geschwindigkeit, also unter Beibehaltung ihrer lebendigen Kraft, ihren Weg fortsetzen, sondern ihr Rotationsmoment müsste constant bleiben — was einer bedeutenden Geschwindigkeitsänderung entspricht. Damit das Rotationsmoment constant bleiben kann — was der Fall ist, wenn die lineare Geschwindigkeit des rotirenden Körpers sich derart ändert, dass in gleichen Zeiten gleiche Flächen von ihm umkreist werden — muss also eine bedeutende Arbeitskraft aufgewendet werden, um die Geschwindigkeitsänderung der trägen Luftmasse hervorzubringen. Es fehlt aber die Kraft gänzlich, welche diese Arbeit leisten könnte. Wenn man den Rotationsradius einer rotirenden festen Masse verkürzt, so muss die Kraft, welche die Verkürzung bewirkt, die Centrifugalkraft überwinden. Die Summe der Producte aller überwundenen Centrifugalkräfte mit den zurückgelegten Wegen giebt die zur Beschleunigung der rotirenden Masse aufgewendete Arbeit und diese reicht gerade hin, um das Flächengesetz aufrecht, d. i. also hier das Rotationsmoment constant zu erhalten. Bei der Bewegung der Luft auf der Erdoberfläche sind aber gar keine analogen Verhältnisse vorhanden. Auf der Erdoberfläche findet bei tangentialer Verschiebung keine Änderung der Schwerkraft und keine Beschleunigung der verschobenen Masse durch die Gravitation statt. Ebensowenig lässt sich erkennen, wodurch ein Druck benachbarter Luftschichten auf die zu verschiebenden entstehen sollte, welcher die gewaltige Beschleunigungsarbeit, die die Erhaltung des Rotationsmomentes verlangt, zu leisten im Stande wäre! Eine Verschiebung der ganzen Luftmasse eines rotirenden Ringes in meridionalem Sinne ist übrigens gar nicht ausführbar, da der Rauminhalt eines solchen Ringes von gegebener Dicke sich mit dem Cosinus der Breite verändert. Es muss also bei einer polaren Verschiebung ein entsprechender Theil der Ringmasse zurückbleiben, bez. zum Aequator

zurückkehren. Aber auch für den wirklich in polarer Richtung verschobenen Theil des Luftringes ist gar kein physikalischer Grund zu finden, warum die Erhaltung des Rotationsmomentes bei den Luftströmungen angenommen werden müsste. Es würde im Gegentheil diese Annahme zu den grössten Widersprüchen und Discontinuitäten führen. Denn in dem angenommenen Urzustande, in welchem noch keine meridionale Luftströmung stattfand, von dem Ferrel sowohl wie ich ausgegangen sind, rotirte die Luft jeder Breite mit der Geschwindigkeit des Bodens, auf dem sie ruhte. Die Geschwindigkeit der Luftmasse nahm daher mit dem Cosinus der Breite ab. Dies Verhältniss hätte sich nun nach Ferrel mit dem Eintritt meridionaler Luftströmung nicht nur umkehren müssen, es hätte anstatt der Abnahme sogar eine Zunahme der Bewegungsgeschwindigkeit der Luft in noch weit höherem Verhältniss eintreten müssen, wenn das Rotationsmoment der Luft constant bleiben sollte. Warum dasselbe aber constant bleiben muss, und welche Kräfte dann diese gewaltige Vergrösserung der in der rotirenden Luftmasse aufgespeichertsn lebendigen Kraft herbeiführen konnten, bleibt gleich unfassbar.[1]

Auch mit einer anderen Annahme Ferrel's kann ich mich nicht einverstanden erklären. Es ist die, dass auf geneigten Flächen gleichen Luftdruckes ein Hinabgleiten der überlagernden Luftschichten stattfinden könnte. Au fisobaren geneigten Flächen findet eben so wenig wie auf Niveauflächen ein Antrieb zu tangentialer Verschiebung statt. Dass eine solche Verschiebung überhaupt nicht bestehen könnte, ergiebt sich auch schon aus der Betrachtung, dass ein niedergehender Luftstrom, falls er wirklich einträte, sogleich eine Druckänderung herbeiführen, mithin das Druckgleichgewicht stören und sofort einen Rückstrom veranlassen müsste. Es folgt hieraus, dass eine stetig fortschreitende Erwärmung der Atmosphaere, wie sie in Wirklichkeit — von Störungen abgesehen — von den polaren Gegenden ab bis zum Aequator hin

[1] Ich muss daher die Erklärung des Hrn. Dr. Sprung, »dass meine Annahme der constanten Rotationsgeschwindigkeit der Luft derselbe, allerdings nahe liegende, Irrthum wäre, welcher die ganze Hadley-Dove'sche Auffassung vom Einflusse der Erdrotation auf die Luftbewegungen beherrschte«, entschieden zurückweisen. Hr. Dr. Sprung führt ganz mit Unrecht als Stütze für diesen Ausspruch die Abhandlung v. Helmholtz's »Über atmosphaerische Bewegungen« an. v. Helmholtz hat in dieser mathematischen Untersuchung den hypothetischen Fall behandelt: »Wenn wir uns einen rotirenden Luftring denken, dessen Axe mit der Erdaxe zusammenfällt und der durch den Druck der benachbarten ähnlichen Ringe bald mehr nördlich, bald mehr südlich geschoben wird, so muss nach dem bekannten allgemeinen mechanischen Princip das Rotationsmoment constant bleiben«. Das ist ja unzweifelhaft richtig, da in diesem angenommenen Falle der Druck der benachbarten Ringe die Beschleunigungsarbeit leistet. Die vorliegende Frage ist aber eben die, ob Kräfte nachzuweisen sind, welche diesen Verschiebungsdruck bewirken?

stattfindet, noch keinen Grund für meridionale Luftströmungen bildet, wie auch Dove es annahm. Es lassen sich durch eine solche ungleich erwärmte Atmosphaere in allen Höhenlagen isobare Flächen legen, die vom Aequator bis zu den Polen reichen und auf welchen keine freiwillige Luftbewegung eintreten kann. Trotz grosser Verdünnung oder »Auflockerung« der Luft durch die Wärme der aequatorialen Zonen würde die Atmosphaere daher in Ruhe bleiben, wenn keine Störung des indifferenten Gleichgewichtes in irgend einem Theile derselben stattfände. Das indifferente Gleichgewicht mit der ihm zugehörigen adiabatischen Temperaturscala ist der wahre Zustand des Gleichgewichtes und der relativen Ruhe der Atmosphaere. Dasselbe besagt, dass — abgesehen von aller Reibung — kein Arbeitsaufwand erfordert wird um eine Luftmasse aus einer Höhenlage in eine andere zu bringen das heisst also hier, dass die bei der arbeitenden Ausdehnung der Luft verbrauchte Energie im Wärmeverluste derselben durch Abkühlung ihr Aequivalent findet und umgekehrt. Die allgemeine Herrschaft des indifferenten Gleichgewichtes in der Atmosphaere ist daher der Zustand der relativen Ruhe desselben und jede Störung dieses Gleichgewichtes tritt als Kraftansammlung auf mit der Tendenz, durch Luftbewegungen die Herrschaft des indifferenten Gleichgewichtes wieder herzustellen. Der Grund dieser Störungen ist ausschliesslich in der ungleichen Erwärmung der Luftschichten durch die Sonnenstrahlen, so wie in der ungleichen Abkühlung derselben durch die Ausstrahlung der Wärme ins Weltall zu suchen. Die Sonnenstrahlen erwärmen vorzugsweise den Erdboden und durch ihn die ihm zunächst liegenden tieferen Luftschichten. Der hierdurch bewirkte Temperaturüberschuss über die adiabatische Bodentemperatur, welche der mittleren Erwärmung der ganzen überlagernden Luftsäule entspricht, bildet eine Ansammlung freier Energie, gleichsam eine gespannte Feder, welche sich nur dadurch wieder ausgleichen kann, dass das gestörte indifferente Gleichgewicht durch Ausbreitung des vorhandenen Temperaturüberschusses der tiefsten Schichten auf sämmtliche überlagernde Luftschichten bewirkt wird. Dies kann praktisch nur durch Luftströmung geschehen. Bei localer Begrenzung der Überhitzung, wird sich irgendwo an local begünstigster Stelle eine Erhebung der überhitzten Luft herausbilden, welche dann an Höhe schnell zunimmt, da der Auftrieb proportional der Höhe des so gebildeten natürlichen Schornsteins wächst. Dieser Schornstein unterscheidet sich aber ausser seiner Höhe von den gebräuchlichen wesentlich dadurch, dass er elastische Wände hat, und dass Druck und Dichtigkeit der Luftschichten innerhalb wie ausserhalb derselben mit der Höhe abnimmt. Es muss also die Luftgeschwindigkeit während des Auf-

triebes im umgekehrten Verhältnisse der Dichtigkeit zunehmen, da ja in jedem Zeitabschnitte gleich viel Luftmasse durch alle Querschnitte des Schornsteins strömen muss. Da bei der geringen Höhe der Atmosphaere im Vergleich mit dem Erdradius keine in Betracht kommende Zunahme des Raumes mit der Höhe innerhalb derselben stattfindet, so muss ganz allgemein die Geschwindigkeit der Luftströmungen beim Auf- und Niedergehen mit dem örtlich herrschendem Luftdrucke zu- und abnehmen. Es wird daher auch beim Auftriebe der Luft ein grösserer Theil der in ihr angesammelten Sonnen-Energie in lebendige Kraft bewegter Luftmasse verwandelt, wie ohne eine solche Beschleunigung der Fall sein würde. Bei dem Auftriebe local begrenzter, am Boden überhitzter Luft, wird das Endresultat ein localer Auftrieb mit beschleunigter Geschwindigkeit bis in die höheren und höchsten Luftregionen und gleichzeitig ein Niedergang der den Aufstrom umgebenden Luftschichten mit während des Niederganges verminderter Geschwindigkeit und schliesslich eine Ausbreitung der das Gleichgewicht störenden Wärmeansammlung am Erdboden auf sämmtliche überlagernde Luftschichten unter Wiederherstellung des gestörten indifferenten Gleichgewichtes dieses Theiles der Atmosphaere sein.

Im Wesentlichen ebenso, aber in der äusseren Erscheinung ganz verschieden tritt diese Ausgleichung der Störung des indifferenten Gleichgewichtes durch Sonnenstrahlung auf, wenn sich die Überhitzung der dem Boden benachbarten Luftschichten auf ganze Erdzonen ausdehnt. Dann kann der Auftrieb kein lokal begrenzter mehr sein, sondern er muss die ganze heisse Zone systematisch umfassen. Er kann auch nicht mehr zeitlich begrenzt sein, sondern der Ausgleich muss ebenso wie die Störungsursache unbegrenzt fortdauern. Es muss sich mithin ein die ganze Atmosphaere umfassendes Strömungssystem herausbilden, welches schliesslich die Aufgabe erfüllt, die Überhitzung der dem Boden benachbarten Luftschichten der heissen Zone continuirlich der gesammten Atmosphaere in allen Höhenschichten und Breiten zuzuführen und dadurch das in der heissen Zone gestörte indifferente Gleichgewicht durch fortlaufende Luftströmungen wieder herzustellen. Wenn man unter Berücksichtigung des Umstandes, dass sich Strömungsbahnen nicht schneiden können, ferner des Umstandes, dass die Stromgeschwindigkeit eines aufsteigenden Stromes mit der Höhe, umgekehrt proportional dem daselbst herrschenden Luftdrucke, zunehmen muss, und endlich des Umstandes, dass die Luft die einmal erhaltene Geschwindigkeit so lange unverändert beibehalten muss, bis sie durch Reibung, Mischung oder Compressionsarbeit aufgezehrt ist, die möglichen Strömungsbahnen construirt, so gelangt man mit

Nothwendigkeit zu dem von mir angenommenen Windsysteme, welches wesentlich auf dem Beharrungsvermögen der durch den aequatorialen Auftrieb in beschleunigte Bewegung gesetzten überhitzten Luft aufgebaut ist. Dies Beharrungsvermögen treibt nicht nur die beschleunigt aufgestiegene Luft in den höheren Luftschichten den Polen zu, es ist auch die Ursache der Rückkehr derselben in den niederen Luftschichten zum Aequator.

Es würde mich über den beschränkten Rahmen dieser Mittheilung hinausführen, wollte ich auf eine nähere Erörterung dieser Trägheitswirkungen der Luftmasse, sowie auf den dieselben vielfach modificirenden Einfluss des Wasserdampfes eingehen. Es sei mir aber gestattet, noch einige Worte über die Entstehung der grossen localen Kraftansammlungen, wie sie im maximum und minimum des Luftdrucks ihren Ausdruck finden, hinzuzufügen. Die Summe des Luftdrucks aller Theile der Erdoberfläche muss eine Constante sein, da diese Summe das Gewicht der unveränderlichen Gesammtmasse der Luft darstellt. Einer localen Verminderung des Luftdruckes muss daher nothwendig immer eine gleichzeitige Druckvermehrung an anderen Orten gegenüberstehen. Es ist offenbar unthunlich, die Ursache des Entstehens der maxima und minima in localen Zuständen der Atmosphaere zu suchen. Dieselben werden häufig durch das Barometer schon angekündigt, bevor irgend eine Veränderung in der Beschaffenheit der Atmosphaere am Erdboden hervorgetreten ist. Nur pflegen häufig leichte Wolkenstriche eine eingetretene Änderung in den höheren Luftschichten zu verrathen. Ich habe daher auch schon in meinem Aufsatze »Über die Erhaltung der Kraft im Luftmeer der Erde« den Entstehungsgrund der maxima und minima in die oberen Luftschichten verlegt. In diesen finden fortwährende Änderungen der Temperatur und Bewegungsgeschwindigkeit der Luft statt, welche von dem Orte des Aufstieges der Luft, d. i. von ihrer Temperatur und ihrem Wassergehalte vor dem Aufstiege, herrühren. Wenn kein Wechsel der Jahreszeiten stattfände, so würde wahrscheinlich auch in den Strömungen der Luft in den höheren Schichten eine grosse Regelmässigkeit obwalten, die denn auch den Witterungsverhältnissen eine gewisse Folgerichtigkeit geben würde, die bisher nicht zu erkennen ist. Wir können bisher nicht beurtheilen, woher die Luft stammt, die auf irgend einer Stelle der Erdoberfläche augenblicklich in den höheren Luftschichten polwärts strömt. Von dem Orte des Aufstiegs und der Jahreszeit wird es aber abhängen, welche Temperatur und Geschwindigkeit diese Luft besitzt. Denn da der Wärmeverbrauch beim Aufstiege der Luft, also bei der arbeitenden Ausdehnung derselben, ganz vom Grade der eingetretenen

Verdünnung, also von der Höhe des Aufstiegs, abhängt, so wird bei warmer wie bei kalter Luft nahe dieselbe Temperaturverminderung stattfinden. Es muss also ein Wärmeüberschuss, den die Luft vor dem Auftriebe besitzt, der durch denselben verdünnten und abgekühlten Luft erhalten bleiben. Es müssen daher in allen Atmosphaerenhöhen Temperaturdifferenzen vom Betrage der auf der Erdoberfläche vorhandenen auftreten. Aus diesem Grunde wird im Allgemeinen der Zustand der Atmosphaere nicht der des labilen Gleichgewichtes, sondern ein sogenannter stabiler sein, da die höheren Luftschichten wegen ihrer aequatorialen Provenienz durchschnittlich wärmer und leichter sein werden wie es die adiabatische Temperaturscala des Ortes verlangt, über welchem sie sich befinden. Je höher der Temperaturüberschuss der Luft vor ihrem Aufstiege war, und jemehr Wasserdampf sie dabei enthielt, desto grösser muss aber auch die Geschwindigkeit werden, welche sie beim Aufstiege gewinnt. Es müssen also in den höheren Luftschichten der mittleren und höheren Breiten relativ warme und dadurch leichte Luftströme grosser Geschwindigkeit mit kälteren und langsamer strömenden abwechseln. Ein solcher Luftstrom relativ leichter und warmer Luft, welcher den oberen noch lufterfüllten Raum ganz oder theilweise einnimmt, stört nun aber seinerseits das indifferente Gleichgewicht der tiefer liegenden Luftschichten. An der Berührungsgrenze der Schichten muss die tiefere, relativ ruhige Luft unter zu grossem Drucke stehen. Sie muss sich also ausdehnen, und von der über sie schnell fortströmenden leichteren Luft mit fortgerissen werden. Wie von Helmholtz nachgewiesen hat, muss diese Fortführung unter Wellenbildung mit grosser Energie von Statten gehen. Die Folge muss also eine Ausdehnung und Aufströmung der unteren Luftmenge sein, welche so lange fortdauern muss, bis das durch den Minderdruck der oberen Luftschichten gestörte indifferente Gleichgewicht wieder hergestellt ist. Der umgekehrte Fall wird eintreten, wenn der Luftdruck der oberen Schichten sich durch Abkühlung und Anstauung in Folge der Verengung des Strombettes mit wachsender Breite über das ihrer Höhenlage zukommende Maass vergrössert. Dann wird ein Hinabsinken der Grenzschichten eintreten, wodurch eine Verdichtung der unteren Luftschichten mit entsprechender Druckvermehrung stattfindet. In beiden Fällen muss schliesslich das gestörte indifferente Gleichgewicht dadurch wieder hergestellt werden, dass die unterhalb der Störungsquelle liegenden Luftschichten durch auf- oder niederwärts gehende Ströme soviel Luftmenge abgeben oder aufnehmen, bis der Zustand des indifferenten Gleichgewichtes in der ganzen Höhe der Atmosphaere wieder hergestellt ist. Um dies zu bewirken muss zu-

nächst der Luftdruck der unteren Schichten so sich lange vergrössern oder vermindern, bis derselbe sich der Druckscala des indifferenten Gleichgewichtes der störenden oberen Luftschichten angepasst hat. Es heisst das, dass der Druck am Erdboden sich mit der Druckänderung in der Höhe seinerseits proportional ändern muss — wodurch die überraschende Grösse der an der Erdoberfläche beobachteten Luftdruckänderungen ihre vollständige Erklärung findet. Diese Änderung des Zustandes der unteren Luftschichten wird auch nach diesem Ausgleiche noch so lange fortdauern, als die Ursache der Störung in den oberen Luftschichten andauert. Bis dahin müssen Luftdruckminima mit aufsteigenden Luftströmen oder Luftdruckmaxima mit niedergehender Luftbewegung andauern und die Atmosphaere in weiterer Umgebung in wirbelnde Bewegung setzen. Erst wenn die Luftströmung in den höheren Schichten der Atmosphaere wieder normale Verhältnisse angenommen hat, wird wieder mittlerer Barometerstand und relative Luftruhe am Erdboden herrschen.

Die Theorie des allgemeinen Windsystems lässt sich hiernach in folgenden Sätzen zusammenfassen.

1. Alle Luftbewegungen beruhen auf Störungen des indifferenten Gleichgewichtszustandes der Atmosphaere und erfüllen den Zweck der Wiederherstellung desselben.

2. Diese Störungen werden bewirkt: durch Überhitzung der dem Erdboden zunächst liegenden Luftschichten durch Sonnenstrahlung, durch unsymmetrische Abkühlung der höheren Luftschichten durch Ausstrahlung und durch Anstauungen bewegter Luftmassen beim Auftreten von Strömungshindernissen.

3. Die Störungen werden ausgeglichen durch aufsteigende Luftströmungen, bei welchen eine derartige Beschleunigung eintritt, dass die Zunahme der Luftgeschwindigkeit der Abnahme des Luftdruckes proportional ist.

4. Den Aufströmungen entsprechen gleich grosse Niederströmungen, bei welchen eine der Beschleunigung beim Aufstrome entsprechende Verminderung der Luftgeschwindigkeit stattfindet.

5. Ist das Gebiet der eingetretenen Überhitzung der unteren Luftschichten ein örtlich begrenztes, so findet ein localer Aufstrom statt, der bis in die höchsten Luftregionen reicht und die Erscheinung von Wirbelsäulen mit im Innern spiralförmig aufsteigenden, ausserhalb in gleich gerichteten Spiralwindungen niedergehenden Luftströmen darbietet. Das Resultat dieser Wirbelströmungen ist Ausbreitung des Wärmeüberflusses der unteren Schichten, durch welche das adiabatische Gleichgewicht gestört wurde auf die ganze überlagernde Luftsäule, die an der Wirbelbewegung Theil nahm.

6. Falls das Gebiet der Störung des indifferenten (oder adiabatischen) Gleichgewichtes sehr ausgedehnt ist, also z. B. die ganze heisse Zone umfasst, so kann die Temperaturausgleichung nicht mehr durch locale aufgehende Wirbelströmungen erfolgen. Es müssen sich denn Wirbelströmungen bilden, welche die ganze Atmosphaere umfassen. Es gelten für dieselben, die für locale Wirbel aufgestellten Bedingungen des beschleunigten Aufstieges der Luft und des verzögerten Niederganges, derart, dass die durch Wärmearbeit entstandene Geschwindigkeit der Luftbewegung in den verschiedenen Höhenlagen annähernd dem dort herrschenden Luftdrucke umgekehrt proportional ist.

7. Da das ganze Luftmeer in Folge der stetigen durch Wärmearbeit hervorgerufenen und erhaltenen meridionalen Strömung annähernd in allen Breiten mit derselben absoluten Geschwindigkeit rotiren muss, so combiniren sich die durch Überhitzung erzeugten meridionalen Strömungen mit den terrestrischen zu dem grossen, die ganze Erde umfassenden Luftströmungssysteme, welches den Zweck erfüllt, die ganze Atmosphaere an der überwiegenden Wärmezufuhr in der heissen Zone Theil nehmen zu lassen, aequatoriale Wärme und Feuchtigkeit den mittleren und höheren Breiten zuzuführen und die Entstehung der localen Luftströmungen der letzteren zu vermitteln.

8. Das letztere geschieht durch die Erzeugung von wechselnden localen Erhöhungen und Verminderungen des Luftdruckes durch Störung des indifferenten Gleichgewichtes in den höheren Schichten der Atmosphaere.

9. Minima und Maxima des Luftdruckes sind Folgen der Temperatur und Geschwindigkeit der Luftströmungen in den höheren Schichten der Atmosphaere.

Man kann hiernach als wesentlichste Aufgabe der Meteorologie die Erforschung der Ursachen und Folgen der Störungen des indifferenten Gleichgewichtes der Atmosphaere und als wichtigste Aufgabe der Wetterprognose die Erforschung der geographischen Herkunft der Luftströme betrachten, die auf ihren Wegen auf den Polen hier über uns fortziehen.

Über secundär-elektromotorische Erscheinungen an den elektrischen Geweben.

Von E. du Bois-Reymond.

Zweite Mittheilung.

Erster Abschnitt.

Von der inneren negativen Polarisation der Muskeln.

(Fortsetzung.[1])

§. 7. *Von der negativen Polarisation an Muskeln mit sehniger Scheidewand.*

Jetzt fragt es sich nämlich, was von den auf innere negative Polarisirbarkeit von mir gedeuteten Wirkungen zu halten sei, welche ich am Gracilis und Semimembranosus beschrieb, welche aber Hr. Hering durch polare 'Alterirung' der Muskelsubstanz erklärt wissen will. Meine an diesen Muskeln gewonnenen Ergebnisse in Gestalt einer Tabelle mit doppeltem Eingange, in deren einem Kopfe wachsende Stromstärken, in dem anderen wachsende Schliessungszeiten sich finden, bedeuten allerdings etwas Anderes als ich mir zur Zeit dachte, sind aber doch als ebenso viele Thatsachen nicht so werthlos, wie Hr. Hering meint, und da ich mich hier und da auf sie beziehen muss, werde ich sie gehörigen Ortes noch mittheilen. Die Reihe der damals angewendeten Stromstärken fängt an mit Einem Daniell, Einem Grove, zweien Grove, und es zeigt sich die auffallende Erscheinung, dass das Maximum der negativen Polarisation unter allen versuchten Combinationen von Stromstärken und Schliessungszeiten mit Einem Grove bei 10 Minuten Schliessungszeit erreicht wurde. Die Lage der Bussolschneiden entsprach dabei der jetzt am Sartorius mit D bezeichneten. Jenes Maximum betrug 423^{sc}, während der Muskelstrom zwischen

[1] Der erste Theil dieser Zweiten Mittheilung findet sich im vorigen Jahrgange der Berichte, St. LIII vom 19. December, 2. Hlbbd. S. 1131 ff., und wird im Folgenden als II. I. *1.* S..... angeführt.

natürlichem Längs- und künstlichem Querschnitt unter sonst gleichen Umständen eine Ablenkung von im Mittel nur 260^{sc} gab. Da nun, nach einem ungefähren Überschlage,[1] die Dichte des polarisirenden Stromes im Querschnitt des Muskelpaares mit nur Einem Grove bedeutend kleiner sein muss als mit zehn Grove in dem zwölfmal kleineren Querschnitt des Sartorius, so war schon hiernach klar, dass das Muskelpaar ungleich empfänglicher für negative Polarisation sich zeigt als der Sartorius und natürlich auch als andere regelmässige monomere Muskeln. Dies stimmt mit der älteren, allerdings nicht mehr ganz eindeutigen Erfahrung, dass der mit zwei Punkten des natürlichen Längsschnittes oder mit zwei künstlichen Querschnitten aufliegende Gracilis merkliche negative Polarisation annimmt durch einen mittels des Compensators hindurchgesandten Stromzweig von der Stärke des Muskelstromes, und unstreitig durch seinen eigenen Strom.[2] Die gleiche Überlegenheit gab sich aber auch kund, als ich das nicht entnervte Muskelpaar derselben Versuchsweise nach dem Messungssysteme *B* (II. 1. *1.* S. 1148. 1149) unterwarf, wie im Vorigen den Sartorius, aber statt mit zehn, mit nur Einem Grove.

Gracilis und Semimembranosus, nicht entnervt.

	δ	d_c	d_m	d_p	D
M	↑123	↑28	↑76	↑75	↑40
		I ↑10' (173)			
	↓18	↓133	↓93	↓138	↓295
P_1	−141	−161	−169	−213	−335

Nach 10' nochmals durchgemessen.

	δ	d_c	d_m	d_p	D
	↓14	↓63	↓33	↓93	↓146
		↓15' (167)			
	↑119	↑102	↑165	↑71	↑210
P_2	−133	−165	−198	−164	−356

Nach 10' nochmals durchgemessen.

	δ	d_c	d_m	d_p	D
	↑64	↑59	↑107	↑58	↑63
		↑20' (195)			
	↓24	↓84	↓80	↓52	↓193
P_3	−88	−143	−187	−110	−256

Man findet

	1.	2.	3.
P_δ =	↑ −141	↓ −133	↑ −188
P_M =	−181	−178	−147
P_D =	−335	−356	−256

Die folgenden Versuche sind am entnervten Gracilis allein angestellt, der erste nach dem System *A*, der zweite wieder nach dem

[1] Untersuchungen u. s. w. Bd. I. S. 705. — Ist G die elektromotorische Kraft und w der Widerstand eines Grove, W der übrige Widerstand des Säulenkreises bis zur interpolaren Strecke von der Länge L, dem specifischen Widerstande σ und dem Querschnitt q, so hat man die Ungleichheit

$$\frac{10G}{\left(W+10w+\frac{\sigma L}{q}\right)q} \gtrless \frac{G}{\left(W+w+\frac{\sigma L}{12q}\right)12q}.$$

Die linke Seite, welche die Dichte im Sartorius vorstellt, ist wegen grösseren Zählers und kleineren Nenners die grössere.

[2] Gesammelte Abhandlungen u. s. w. Bd. I. S. 191. 192.

System B. Die Säulenschneiden lagen der äusseren, die Bussolschneiden der inneren, femoralen Fläche des Muskels an. Doch ist dies von keinem deutlichen Einfluss auf den Erfolg. Die Empfindlichkeit der Bussole für den polarisirenden Strom war im zweiten Versuche kleiner als im ersten.

Graciles.

I.

	δ_c	δ_{mc}	δ_m	δ_{mp}	δ_p
M	↓109	↓ 21	↑ 50	↑ 76	↓14
			I ↑10′ (108)		
	↓144	↓ 37	↓ 81	↓ 49	↑ 3
P_1	− 35	− 58	−131	−125	+17
			↓15′ (108)		
	↓ 52	↑ 12	↑ 91	↑ 49	↑22
P_2	− 92	− 49	−172	− 98	−19
			↑15′ (109)		
	↓122	↓ 17	↓ 25	↓106	↓19
P_3	− 70	− 29	−116	−155	−41
			↓15′ (111)		
	↓ 52	↑103	↑170	↑ 46	↑46
P_4	− 70	−120	−195	−152	−65
			↑15′ (119)		
	↓135	↑ 9	↓ 28	↓112	↓45
P_5	− 83	− 94	−198	−158	−91

II.

	δ	d_c	d_m	d_p	D
M	↓ 12	↓ 28	↓ 4	↑ 19	↓ 14
			I ↓15′ (38)		
	↑100	↑ 92	↑194	↑118	↑229
P_1	−112	−120	−198	− 99	−243
			↑20′ (40)		
	↑ 24	↓ 97	↓143	↓143	↓235
P_2	− 76	−189	−337	−261	−464
			↓20′ (43)		
	↑102	↑ 80	↑ 91	↑ 97	↑171
P_3	− 78	−177	−234	−240	−406
			↑20′ (44)		
	↑ 48	↓ 91	↓103	↓ 80	↓168
P_4	− 54	−171	−194	−177	−339

Es ergiebt sich:

	1.	2.	3.	4.
P_δ =	↓ − 112	↑ − 76	↓ − 78	↑ − 54
P_M =	− 139	− 262	− 217	− 181
P_D =	− 243	− 464	− 406	− 339

Wie man sieht, spricht sich in den beiden Versuchen nach dem System B das Gesetz der mit dem Abstand der Bussolschneiden wachsenden Wirkungen so entschieden aus wie möglich, und täuscht im Verein mit dem Erfolg beim System A bis auf Weiteres innere negative Polarisirbarkeit der Muskelbündel vor.

Zwischen natürlichem Längs- und thermischem Querschnitt des Muskelpaares erhielt ich 250—275^{rgr} Potentialunterschied. Die negative Polarisation übertrifft also hier bei weitem die Muskelstromkraft, und die Wirkungen sind erheblich stärker als am Sartorius mit zehn Grove, vollends als an diesem Muskel mit nur Einem Grove, da, wie bemerkt, der Sartorius bei meiner Versuchsweise meist erst bei drei Grove und 5′ Schliessungszeit sichere Zeichen innerer negativer Polarisation giebt.

Mit zehn Grove fällt nach meinen älteren Erfahrungen die negative Polarisation am Muskelpaare schwächer aus als mit Einem Grove, schwächer sogar als die Muskelstromkraft.[1] Auf diesen Umstand wird später zurückgekommen werden, zunächst handelt es sich darum, den Grund des ersteren Verhaltens, der stärkeren Polarisation des Muskelpaares und des Gracilis im Vergleich zum Sartorius bei Durchströmung mit nur Einem Grove, wo möglich aufzudecken.

§. 8. *Die elektromotorische Wirkung der sehnigen Scheidewand im nicht polarisirten Gracilis.*

Natürlich ist nicht daran zu denken, dass die Muskelbündel des Gracilis und Semimembranosus in ihrem Verlaufe stärker innerlich negativ polarisirbar seien, als die des Sartorius. Bei der geringeren Dichte des polarisirenden Stromes werden sie an den beobachteten Wirkungen sogar nur einen sehr kleinen Antheil gehabt haben. Sondern Sitz und Grund der starken negativen Polarisirbarkeit des Muskelpaares und des Gracilis ist unstreitig zu suchen in den sehnigen Scheidewänden, welche nach meiner Beschreibung den Gracilis ganz, den Semimembranosus zum Theil schräg durchsetzen.

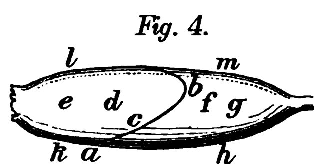
Ich gab zugleich an, dass die Muskelbündel an den Scheidewänden die von mir sogenannte facettenförmige Endigung zeigen, wesentlich wie die Bündel der Myokommata an den Ligg. intermuscularia der Seitenrumpfmuskeln der Fische. Die schrägen natürlichen Querschnitte, mit welchen die obere und die untere Abtheilung des Gracilis in der Inscription aneinanderstossen, müssen der Sitz von Neigungsströmen sein, welche aber bei gleicher Parelektronomie der beiden Querschnitte einander aufheben, wie dies aus der Theorie und aus den Versuchen an Muskelrhomben sich ergiebt.[2] Dass sie für gewöhnlich es wirklich thun, folgt daraus, dass gerade am Gracilis das Gesetz des Muskelstromes bei natürlichem sowohl wie bei künstlichem, senkrechtem und auch schrägem Querschnitt am sichersten und reinsten sich darstellt.[3] Weil in so zahlreichen Versuchen über den Muskelstrom am Gracilis die Inscription keine augenfälligen Störungen verursachte, wurde eben meine Aufmerksamkeit so wenig auf diese Structur gelenkt. Jetzt aber ist hier eine Lücke auszufüllen. Es erscheint unerlässlich, sich zunächst einmal um das elektromotorische Verhalten der Inscription im natürlichen Zustande des Muskels zu kümmern, ehe ihre Rolle bei seiner Polarisation näher erforscht wird.

---

[1] Vergl. die Erste Mittheilung in diesen Berichten 1883. I. Hlbbd. S. 355.
[2] Gesammelte Abhandlungen u. s. w. Bd. II. S. 127 ff.
[3] Ebenda, S. 56, 57. 127, 128. 576.

Es hält nicht schwer die elektromotorische Oberfläche (im Helmholtz'schen Sinne)[1] des Gracilis, soweit sie durch die Inscription bestimmt wird, für verschiedene Zustände der in der Inscription zusammentreffenden natürlichen Querschnitte zu entwerfen. Bei völlig gleicher Parelektronomie dieser Querschnitte wäre, wie gesagt, kein Neigungsstrom zugegen. Ist die Parelektronomie nur gering, so wird sich ein Punkt der Inscription negativ verhalten gegen einen darüber oder darunter gelegenen Längsschnittspunkt, beispielsweise in Fig. 4, welche die Aussenfläche des rechten Gracilis darstellt, der Punkt *c* gegen die Punkte *d*, *e*, *f*, *g*. Bei höherer Parelektronomie verschwindet der Potentialunterschied, bei noch höherer kehrt er sich um. Ist die Parelektronomie der beiden Querschnitte ungleich, so verändern sich diese Wirkungen in leicht angebbarer Weise. Ausserdem aber gesellt sich dazu längs der Inscription ein Neigungsstrom im Sinne des minder parelektronomischen Querschnittes. Ist beispielsweise der untere Querschnitt minder parelektronomisch, so wird Punkt *b* gegen *a* positiv, die Gegend *b* gegen die *a* wie eine stumpfe gegen eine spitze Rhombusecke sich verhalten.

Fig. 4.



Ich ging nun daran, diese Schlüsse in der Erfahrung zu prüfen, indem ich die elektromotorische Oberfläche des Gracilis mit den Thonspitzen der unpolarisirbaren Röhrenelektroden absuchte. Wegen des verwickelten Verlaufes der Inscription an der Innenfläche hielt ich mich an die Aussenfläche des Muskels. Ich kann nicht sagen, dass ich guten Erfolg hatte. Dann und wann zwar zeigt sich ein Punkt der Inscription negativ oder positiv gegen einen darüber wie gegen einen darunter gelegenen Längsschnittspunkt. Ebenso oft aber verhält er sich negativ gegen einen darüber, positiv gegen einen darunter gelegenen Längsschnittspunkt, oder auch umgekehrt, was soviel heisst, wie dass im Muskel aus anderen Gründen zufällig der entsprechende Potentialunterschied herrscht, den es denn auch gelingt, mit den Spitzen in Lagen nachzuweisen, bei welchen sie, wie in *df*, *eg*, die Inscription zwischen sich fassen. Der Inscription entlang erhält man Ströme bald im einen, bald im anderen Sinne, ohne die Möglichkeit, sie auf die verschiedenen Parelektronomie der beiden Muskelabtheilungen zu beziehen. Alle diese Wirkungen sind sehr schwach, oft nur von gleicher Ordnung mit den Ungleichartigkeiten der Thonspitzen und dann schwer von deren Schwankungen zu unterscheiden. Mit der Innenfläche des Gracilis, mit dem Semimembranosus ist vollends

[1] Poggendorff's Annalen u. s. w. 1853. Bd. LXXXIX. S. 211.

hier nichts anzufangen. Übrigens habe ich diese Versuche bisher nur an Winterfröschen angestellt, und es ist nicht undenkbar, dass sie an Sommerfröschen besser gelängen. Unter den jetzigen Umständen musste ich auf die Ausführung eines Versuchsplanes verzichten, der sich darbot und in mehrfacher Hinsicht anzog: nämlich den Neigungsstrom der Inscription dadurch zu verstärken, dass nur die eine Muskelabtheilung tetanisirt und durch die darin stattfindende Nachwirkung der negativen Schwankung die Oberhand der anderen Abtheilung verschafft würde.

§. 9. *Muthmaassliche Rolle der sehnigen Scheidewand bei der Polarisation.*

Was nun die Bedeutung der Inscription bei der Polarisation betrifft, so scheint es zunächst, als lasse sich über die Art, wie ein den Muskel axial durchfliessender Strom sich durch die Inscription bewegen werde, Folgendes festsetzen. Bei dem jedenfalls nur geringen Unterschiede zwischen der Leitungsfähigkeit von Muskel und Sehne können wir von der Brechung des Stromes in der Scheidewand nach dem Kirchhoff'schen Gesetze[1] füglich absehen. Ohnehin wird die Brechung beim Austritt die beim Eintritt, wenn auch nicht so vollkommen wie beim Durchgang des Lichtes durch ein planparallel begrenztes Mittel, doch wohl zum Theil aufheben, und bei der geringen Dicke der Scheidewand kann die seitliche Verschiebung nur unmerklich sein. Mit Einem Wort, der Strom wird so gut wie unentwegt und in unverminderter Dichte die Scheidewand in lauter den Bündeln parallelen Fäden überschreiten, und am einfachsten erscheint die vorläufige Annahme, dass jeder Stromfaden in dem von ihm durchdrungenen Flächenelement der Scheidewand eine ihm entgegengerichtete axiale elektromotorische Kraft erzeugt.

Dass die Scheidewand im Gracilis negativ polarisirbar sei, ist leicht zu beweisen, indem man eine Anordnung trifft, welche die Inscription im Wesentlichen nachahmt. Eine Sehnenhaut geeignet, die Scheidewand vorzustellen, findet sich in der bandartig breiten Patellarsehne des Triceps femoris vom Frosch. Diese klemmte ich in einen queren Schlitz eines den Muskel vorstellenden Thonphantoms ein. Mit einem wirklichen Muskel lässt der Versuch sich nicht ausführen, theils weil trotz allen Vorkehrungen die beiden Muskelstümpfe sich zurückziehen und einen unregelmässig klaffenden Spalt bilden, theils aus einem anderen Grunde, welcher erst später zur Sprache

[1] Poggendorff's Annalen u. s. w. 1845. Bd. LXIV. S. 500. Anm. 2.

kommen kann (s. unten, §. 16). Dagegen mit dem Thonphantom des Muskels gelingt der Versuch gut genug. Man braucht dazu keine Säulenschneiden, sondern bringt einfach ein Stück Thonstengel von der rundlichen in Fig. 1 der Mittheilung II. 1. *I* sichtbaren Form mit seinen Enden zwischen die nackten Säulenbäusche und legt ihm die Bussolschneiden an. Nachdem man sich von der ursprünglichen Unwirksamkeit der Anordnung überhaupt überzeugt hat, schickt man den Strom Eines Grove 10′ lang durch den Thonstengel, und verzeichnet den sehr geringen Betrag der dem Thone selbst angehörigen inneren negativen Polarisation. Dann schneidet man den Stengel mitten durch und klemmt die Patellarsehne ein. Nun erhält man schon bei kürzerer Dauer des polarisirenden Stromes stärkere negative Polarisation, welche von nichts herrühren kann, als von der Sehne, aber doch nicht entfernt von solcher Stärke, dass man die Wirkungen am Gracilis ohne Weiteres dadurch erklären könnte.

Ich wollte wissen, ob vielleicht durch die schräge Richtung der Inscription ihre stärkere Polarisirbarkeit bedingt sei. Ich wiederholte also den vorigen Versuch mit dem Unterschiede, dass ich in ein hinreichend langes Stück Thonstengel die beiden Patellarsehnen desselben Frosches hintereinander einklemmte, aber die eine senkrecht, die andere unter einem möglichst spitzen Winkel. Nachdem nunmehr derselbe Strom, des vermehrten Widerstandes halber jetzt von zweien Grove ausgehend, gleich lange und in gleicher Richtung in Bezug auf Aussen- und Innenfläche die beiden Sehnen durchflossen hatte, wurden die Bussolschneiden dem Thonstengel abwechselnd so angelegt, dass sie bald die senkrecht, bald die schräg eingefügte Sehne zwischen sich fassten. Es zeigte sich das Gegentheil von dem Gesuchten; die Polarisation der senkrechten Sehne überwog stets bei weitem die der schrägen, auch wenn diese zuerst abgeleitet wurde, obschon alsdann die Wirkung der senkrechten Sehne durch die schnell vor sich gehende Depolarisation merklich gesunken sein musste. In dem nachstehenden Beispiele geben die Ordnungszahlen die Zeitfolge der Prüfungen an, die zusammen nicht viel über zwei Minuten dauerten.

Patellarsehne.	
schräg	senkrecht
1) — 20cgr	2) — 44cgr
3) — 13	4) — 33
5) — 11	6) — 27
7) — 9	8) — 22

Mittels der Poggendorff'schen Umschaltung (s. unten §. 15) hätte dem Versuch noch eine bessere Gestalt gegeben werden können, der Erfolg war aber auch bei diesem Verfahren so schlagend und beständig, dass es mir überflüssig schien, noch mehr Zeit und Mühe daran zu wenden.

Lassen wir die Frage, in welcher Art die Scheidewand bei der Polarisation betheiligt sei, für jetzt auf sich beruhen, und untersuchen wir, ob die am Gracilis wahrgenommene Vertheilung der

Polarisation aus der obigen Vorstellung sich herleiten lasse, wonach in jedem Flächenelement der Inscription eine axial gerichtete Gegenkraft entsteht. Dies ist nicht so leicht zu entscheiden, wie es beim ersten Anblick scheinen möchte. Um darüber in's Klare zu kommen, muss zuerst ein einfacherer Fall behandelt werden, als der sehr verwickelte der Inscription am Gracilis.

Fig. 5.

Fig. 5 stelle die breite Seite eines dünnen, rectangulären, leitenden Prisma's vor, welches von einer polarisirbaren Scheidewand schräg durchsetzt ist, die in der Figur nur in ihrer Projection zwischen + und — erscheint. Diese Scheidewand sei durch einen im Prisma fliessenden Strom, von der Richtung, welche der Pfeil mit dem Haken anzeigt, polarisirt worden, so dass nach unserer Annahme jedes Flächenelement der Sitz einer der Axe des Prisma's parallelen, umgekehrt gerichteten Kraft geworden ist. Auf eine solche Anordnung passt die Art, wie ich die Wirkung des schrägen Muskelquerschnittes und die Entstehung der Neigungsströme erläuterte. Die axial gerichteten Kräfte zerlegen wir, wie die Figur zeigt, in zwei Componenten, die eine parallel der Scheidewand, die andere senkrecht darauf. Übrigens wird in jeder den Seitenflächen des Prisma's parallelen Ebene derselbe Vorgang stattfinden, so dass wir für unseren Zweck uns an dasjenige halten können, was in der uns zugewendeten Seitenfläche vorgeht.

Wird das Prisma an beiden Enden isolirt gedacht, wie der Muskel bei doppelt geöffnetem Säulenkreise und abgerückten Bussolschneiden, so erzeugen die senkrechten Componenten keinen Strom, sondern setzen nur zwischen den Strecken dies- und jenseit der Scheidewand einen über die ganze Oberfläche des Prisma's gleichmässig verbreiteten Potentialunterschied. Wird das Prisma zwischen seinen Enden zum Kreise geschlossen, so entsteht ein Strom im Sinne negativer Polarisation, welchem zwar nur eine geringe elektromotorische Kraft zu Grunde liegt, welcher aber auch in der Scheidewand selber nur auf einen geringen Widerstand trifft.

Die der Scheidewand parallelen Componenten dagegen steigern säulenartig ihre Wirkung; die Scheidewand ist dadurch gleichsam in eine aus sehr zahlreichen, sehr kleinen Gliedern bestehende bandförmige Säule von grosser elektromotorischer Kraft, aber auch sehr grossem wesentlichen Widerstande verwandelt, deren linearen Pole in der oberen und unteren Fläche des Prisma's liegen, und in den Punkten + und — in Projection erscheinen. Denkt man sich die bandförmige Säule bis auf diese ihre linearen Pole isolirt, so würde sich von ihrem + Pole zu ihrem — Pole eine im Rohen leicht zu construirende Strömung durch die Masse des Prisma's ergiessen. Denkt man sich die isolirende Hülle entfernt, so werden Stromcurven die Oberfläche der Säule schneiden. Das genaue Gesetz dieser Curven anzugeben, wäre eine sehr schwierige Aufgabe. Glücklicherweise bedürfen wir deren strenger Lösung zu unserem gegenwärtigen Vorhaben nicht. Es genügt die Einsicht, dass die so zu Stande kommende Strömung sich von der in der Figur angedeuteten nicht wesentlich unterscheiden könne, wo die ausgezogenen Curven die isoëlektrischen, die gestrichelten die Stromcurven vorstellen.

Jetzt fragt es sich, was beim Anlegen der Bussolschneiden an die Seite des Prisma's geschehen werde. Die Breite dieser Seite setzen wir der Länge der Schneiden gleich, und legen letztere senkrecht zur Axe an. In der Figur sind die Säulenschneiden durch starke Doppellinien vorgestellt. Den Erfolg zu beurtheilen dient wieder das HELMHOLTZ'sche Princip der elektromotorischen Oberfläche in Verbindung mit dem der Superposition der Ströme. Danach bleiben bekanntlich in dem körperlichen Leiter, der elektromotorische Wirkungen in sich birgt, die vor dem Anlegen der Bussolenden vorhandenen Stromcurven bestehen, setzen sich aber nach dem Parallelepiped der Kräfte zusammen mit den Curven der neuen Strömung, welche die leitende Masse von den Bussolenden her so durchdringt, als würde sie irgendwo im Bussolkreise erzeugt durch eine elektromotorische Kraft gleich dem Potentialunterschied der von den Enden berührten Punkte. Wird der Strom im Bussolkreise compensirt, was unsere gewöhnliche Beobachtungsweise ist, so bleiben die Stromcurven in dem körperlichen Leiter ungestört, und die zum Compensiren aufgewendete Kraft misst den Potentialunterschied der abgeleiteten Punkte der elektromotorischen Oberfläche.

Bei Anwendung dieser Sätze hätte es keine Schwierigkeit hinreichend genau für unseren Zweck anzugeben, welche Wirkung beim Anlegen punktförmiger Elektroden, wie der Thonspitzen der unpolarisirbaren Röhrenelektroden, an verschiedenen Punkten der Oberfläche des Prisma's man erhalten würde. Misslicher gestaltet sich die Aufgabe,

wenn es um Ableitung durch die linearen Schneiden sich handelt. Alsdann ist es nöthig, die mittlere Spannung der Schneiden zu kennen, nämlich die Spannung, welche jede Schneide dadurch annimmt, dass sie eine ganze Schaar von isoëlektrischen Curven an der elektromotorischen Oberfläche berührt.[1] Da das Potential in den verschiedenen Curven verschiedenen Werth hat, wird in der Schneide selber, d. h. in dem Thonstengel und dem Keilbausch, eine Ausgleichung dieser Unterschiede stattfinden. Diesen Vorgang scharf und erschöpfend zu zergliedern, ist so gut wie unmöglich; doch scheint es wiederum, als lasse auch ohnedies Folgendes mit hinreichender Sicherheit sich erschliessen.

Liegt eine Schneide dem Prisma so an, dass sie die Mitte der Scheidewand berührt, so wird ihre mittlere Spannung = Null sein. Rückt die Schneide auf den einen Pol der Scheidewand zu, so nimmt sie eine Spannung von dem Zeichen dieses Poles an, um so stärker, je näher dem Pole. Führen wir also von der Mitte der Scheidewand ausgehend die Schneiden symmetrisch auseinander, so wird die dem positiven Pole der Säule nähere Schneide gegen die dem negativen Pole nähere um so positiver sich verhalten, je grösser ihr Abstand von einander. In der Stellung der Schneiden S' und S'' in der Figur, wo sie gerade die Pole der Säule berühren, wird ihr Potentialunterschied am grössten sein. Wird dieser nicht compensirt, so fliesst im Bussolkreise ein Strom im Sinne negativer Polarisation, dessen Curven im Inneren des Prisma's mit den dort schon bestehenden nach dem Parallelepiped der Kräfte sich zusammensetzen.

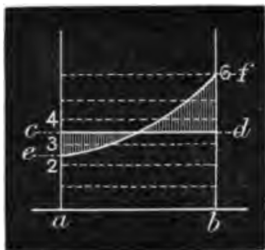
Wenn die Schneiden irgendwo zwischen den Polen eine zur Mitte der Säule asymmetrische Stellung einnehmen, wird der Erfolg im Wesentlichen derselbe bleiben. Die dem positiven Pole nähere Schneide ist positiv gegen die dem negativen Pole nähere; die Polarisation erscheint negativ.

Nun handelt es sich darum, was erfolgen werde, wenn die Schneiden ausserhalb der Pole liegen, und zwar erweist sich als das Vortheilhafteste, die mittlere Spannung der Schneiden bei den in Fig. 5 in S' und $S_{,}$, S'' und $S_{,,}$ abgebildeten Lagen zu schätzen, wo die beiden Schneiden sich auf derselben Seite der Säule, ungleich weit von ihrem Pole befinden. Dazu scheint folgendes Verfahren dienen zu können. Auf die Länge der Schneide als Abscissenaxe *ab* trägt man die ihren verschiedenen Punkten entsprechenden Potentiale als Ordinaten auf, und verbindet die Köpfe der letzteren durch eine

[1] Auf den Begriff der mittleren Spannung nicht punktförmiger ableitender Elektroden bin ich schon einmal bei meinen Untersuchungen über den Zitterwels geführt worden. Gesammelte Abhandlungen u. s. w. Bd. II. S. 636.

Curve. Je grösser der so umschlossene Flächenraum, um so grösser ist die mittlere Ordinate, welche wir als Maass der mittleren Spannung annehmen dürfen. Indem man diese Construction für zwei verschiedene Lagen der Schneiden über derselben Abscisse ausführt, erfährt man also, in welcher Lage den Schneiden die grössere mittlere Spannung zukommt.

Fig. 6.



In Fig. 6 ist dies für die Lagen der Schneiden in S' und $S_{,}$ dargestellt. Die beiden Grenzordinaten für die Lage $S_{,}$ liegen nach der in der Fig. 4 gewählten Bezeichnungsweise einander nahe in der Mitte zwischen den isoëlektrischen Curven + 3 und + 4; für die Lage S' entspricht die höchste Ordinate dem Pole selbst, welcher in dieser Notation die Spannung + 6 hat; die niedrigste Ordinate liegt etwa in der Mitte zwischen den isoëlektrischen Curven + 2 und + 3. Der Unterschied der Flächenräume *a b c d* und *a b e f* fällt sichtlich zu Gunsten von S' aus; die dem positiven Pole nähere Schneide ist positiv gegen die entferntere. Der Unterschied der Flächenräume ist eine Function des Winkels, unter welchem die Scheidewand gegen die Axe des Prisma's geneigt ist; er verschwindet mit der zur Scheidewand parallelen Componente, wenn dieser Winkel ein rechter wird; unter keinen Umständen scheint er negativ werden zu können. Dass er positiv ist, heisst nun aber so viel, wie dass die Polarisation hier die umgekehrte Richtung habe von der zwischen den Polen; bei nicht compensirtem Unterschiede wird der Strom im Bussolkreise positive Polarisation vortäuschen. Auf der negativen Seite gilt mit vertauschten Zeichen das Nämliche; auch hier wird der Schein positiver Polarisation entstehen. Die Pfeile in Fig. 5 zeigen demgemäss die Richtung des Stromes im Bussolkreise, wobei zu bemerken ist, dass man sie sich nicht an die obere Seite des Prisma's angelegt zu denken hat, sondern an den Punkt mittlerer Spannung der Bussolschneiden.

Es geht ferner daraus hervor, dass wenn die beiden Schneiden ausserhalb des Bereiches der Scheidewand sich befinden und diese zwischen sich fassen, ihre mittlere Spannung wohl noch in demselben Sinne sich unterscheiden wird, wie wenn sie im Bereich der Säule liegen, aber um eine geringere Grösse, als wenn sie die Pole berührten; mit anderen Worten, wenn die Schneiden bei symmetrischer Lage zum Nullpunkte über die Pole hinausrücken, wird ihr Potentialunterschied, anstatt weiter zu wachsen, vielmehr abnehmen.

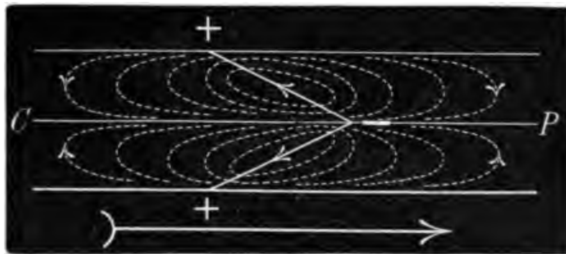
Zu diesen, den der Scheidewand parallelen Componenten entspringenden secundären Wirkungen summirt sich nun noch die, welche

von den auf die Scheidewand normalen Componenten ausgeht. Aus dem schon oben S. 646 darüber Festgestellten folgt aber, dass bei isolirtem Prisma und ausserhalb des Bereiches der Scheidewand auf deren einer Seite befindlichen Schneiden gar keine solche Wirkung stattfinden werde, sondern nur, wenn die Schneiden die Scheidewand ganz, oder einen Theil davon zwischen sich fassen; und hier sieht man sofort ein, dass bei wachsendem Abstand der Schneiden über den Bereich der Scheidewand hinaus keine Steigerung des Potentialunterschiedes mehr möglich sei.

§. 10. *Vergleichung der theoretischen Ergebnisse mit der Erfahrung.*

Wir sind nun so weit, dass wir an den uns in Wirklichkeit beschäftigenden Fall des Gracilis hinantreten können. In Fig. 6 sieht man eine schematische Anordnung, welche die Inscription am Gracilis treuer nachahmt als die in Fig. 5 dargestellte, sofern die polarisirbare Scheidewand in der Mitte geknickt ist, so dass ihre beiden Hälften einen Winkel bilden wie die beiden Flächen eines spitzen Daches. Es ist leicht, sämmtliche obige Schlussfolgerungen auf dieses neue Schema zu übertragen, da es längs der die Axe *CP* einschliessenden, in der Figur wagerechten Strömungsfläche in zwei Spiegelbilder spaltbar ist, deren jedes der Fig. 5 entspricht. Allerdings ahmt auch das neue Schema den sehr eigenartigen Verlauf der Scheidewand am Gracilis nur unvollständig nach, jedoch hilft es uns einigermaassen beurtheilen, wie weit die Beobachtungen an diesem Muskel den theoretischen Erwartungen entsprechen, zu welchen dessen Bau nach den jetzt gewonnenen Einsichten uns berechtigt. Dies ist nicht in befriedigender Weise der Fall.

Fig. 7.



Nach den oben S. 641 mitgetheilten Tabellen erhält man vom Gracilis sowohl mit den in kleinem Abstande wandernden, wie mit den in wachsendem Abstande symmetrisch angelegten Bussolschneiden Wirkungen in dem Sinne, als seien negativ elektromotorische Kräfte durch die ganze Länge des Muskels, auch über die Grenze der Inscription hinaus, zwischen diesen und den Säulenschneiden säulenartig verbreitet. Im Bereiche der Inscription stimmt dies mit den

Forderungen der Theorie. Auch lässt sich vorhersehen, dass in den sehnigen Enden des Muskels, soweit sie vom polarisirenden Strome getroffen werden, Ähnliches vor sich gehen werde, wie in der sehnigen Scheidewand. Aber zwischen der Inscription und jenen Enden hätte nach unseren bisher gewonnenen Vorstellungen nichts sich kundgeben dürfen, als höchstens eine Spur innerer negativer Polarisation, obendrein noch geschwächt durch die von der Inscription aus dorthin sich verbreitende scheinbar positive Polarisation, und demgemäss auch beim Vergrössern des Abstandes der Schneiden über den Bereich der Inscription nicht weitere Verstärkung, sondern Schwächung des negativer Polarisation entsprechenden Potentialunterschiedes.

Solchem Widerspruch zwischen Theorie und Erfahrung gegenüber war es geboten, den Thatbestand nochmals und schärfer zu prüfen, als in den obigen Versuchen, in welchen bei der Wahl der abgeleiteten Punkte noch nicht strenge Rücksicht auf die Inscription genommen worden war. Ich setzte mir also jetzt vor, mit Thonspitzen die elektromotorische Oberfläche des polarisirten, wie vorher die des Gracilis in seinem natürlichen Zustande abzusuchen. Der Muskel wurde so aufgestellt, dass er seine Aussenfläche nach oben kehrte, während von unten her als Säulenschneiden ihm Thonstengel den polarisirenden Strom zuführten. Die Thonspitzen berührten die in Fig. 4 mit *d*, *e* oder die mit *f*, *g* bezeichneten Punkte zwischen den Säulenschneiden und den oberen oder unteren Grenzen der Inscription. Der nie ganz fehlende geringe Potentialunterschied wurde compensirt und verzeichnet, dann bei doppelt geöffnetem Bussolkreise der Strom Eines Grove 15′ hindurchgeleitet, endlich zur Beobachtung der Polarisation mittels der Polarisationswippe der Säulenkreis doppelt geöffnet und der Bussolkreis doppelt geschlossen. So musste hier verfahren werden, weil mit den Spitzen, auch bei Bezeichnung der abzuleitenden Punkte mit Drachenblut, dieselben Punkte doch nicht genau genug wieder gefunden wurden, um sicher zu sein, dass eine beobachtete Veränderung des Potentialunterschiedes von Polarisation herrührte, und nicht von einer Veränderung des Muskelstromes. Noch weniger ausführbar war es, am polarisirten Muskel die Spitzen umherzuführen, um die Polarisation zwischen verschiedenen Punkten zu ermitteln, da man dann gar nicht wusste, was vorher der Potentialunterschied zwischen den untersuchten Punkten gewesen war.

Bei dem beschriebenen Verfahren gab sich nun, ganz wie in den früheren Versuchen mit den Schneiden (s. die Zahlen P_1 bis P_5 unter δ_c und δ_p in der Tabelle I oben S. 641), negative Polarisation kund, beispielsweise -137^{cgr} in *fg*, -78 in *de* bei aufsteigendem,

— 82 in *fg*, — 81 in *de* bei absteigendem Strom. Mit der Inscription zwischen den Spitzen erfolgten freilich sehr viel stärkere Wirkungen, wie sich dies auch schon in der Tabelle zeigt, beispielsweise zwischen *e* und *g* — 324^{gr} bei auf-, — 299 bei absteigendem Strome; ebenso der Inscription entlang zwischen *a* und *b* bei aufsteigendem Strom einmal — 424, bei absteigendem — 322^{gr}. Immerhin bestätigt sich auch bei dieser Versuchsweise, dass die Strecke zwischen Inscription und Säulenschneiden in auffallendem Maasse negative Polarisation annimmt. Ohne über die Wirklichkeit dieser Polarisation, geschweige ihre Natur, schon jetzt etwas aussagen zu wollen, soll sie, um sie kurz bezeichnen zu können, die unächte innere Polarisation heissen.

Wir werden dieser Erscheinung sogleich unsere volle Aufmerksamkeit zuwenden. Zunächst bietet sich hier noch eine andere Frage dar, nämlich, ob nicht neben der neuen Polarisation, gleichsam durch sie hindurch, die nach unseren Schlussfolgen von der Inscription her sich ausbreitenden Stromcurven doch vielleicht nachweisbar seien. Zwischen Punkten, welche der Länge des Muskels nach auseinanderliegen, lässt sich dies nicht gut ausmachen, da der Potentialunterschied verschiedener Punkte der Curven sich dann nur durch algebraische Summation mit den Potentialunterschieden wegen der unächten inneren Polarisation zu erkennen geben könnte. Nur in dem Falle wäre dabei ein entscheidendes Ergebniss zu erhoffen, dass der Potentialunterschied längs den Stromcurven von der Inscription her den wegen der unächten inneren Polarisation überträfe. Einmal habe ich dies wirklich gesehen. Für gewöhnlich findet man zwischen *a*, *k* und *a*, *h*, Fig. 4, sowohl bei auf- wie bei absteigendem Strome negative Polarisation, jedoch, was schon auffällt, anfangs stets schwächer zwischen den beiden zuerst als zwischen den beiden zuletzt genannten Punkten, wie die folgende Tabelle I zeigt. Einmal aber fiel bei diesem Versuche die Polarisation zwischen *a*, *k* bei den drei ersten Sromwechseln sogar positiv aus (Tabelle II), was die Vorstellung erweckt, als sei in den anderen Versuchen die negative Polarisation zwischen *a*, *k* schwächer erschienen, weil positive Polarisation sich davon abzog.

Dies erklärt sich auf keine andere Weise als mit Hinblick auf die in Fig. 7 schematisch dargestellten Stromcurven. Um nun aber auch den Potentialunterschied wegen dieser Curven frei von der Störung durch die unächte innere Polarisation aufzufassen, müssen die abzuleitenden Punkte in der Quere des Muskels gewählt werden, wie *ke*, *el*; *hf*, *fm* oder *hg*, *gm* in Fig. 4. Ich habe ziemlich viel Versuche der Art angestellt, leider mit geringem Erfolg. In dem günstigsten Falle, der mir vorkam, erhielt ich auf sechsmal vier richtige Ergebnisse.

Graciles.

I.

	ak	kh	ah
M	↓ 18	↓ 6	↑ 34
		I ↓ 10′	
	↑ 48	↑ 163	↑ 139
P₁	− 66	− 169	− 105
		↑ 13′	
	↓ 46	↓ 31	↓ 168
P₂	− 94	− 194	− 307
		↓ 15′	
	↓ 37	↑ 23	↑ 15
P₃	− 9	− 54	− 183
		↓ 15′	
	↓ 321	↑ 12	↓ 193
P₄	− 284	− 11	− 208

II.

	ak	ah
M	↓ 35	↑ 14
	I ↑ 10′	
	↑ 46	↓ 105
P₁	+ 81	− 119
	↓ 10′	
	↑ 45	↑ 252
P₂	+ 1	− 357
	↑ 15′	
	↑ 74	↓ 138
P₃	+ 29	− 390
	↓ 15′	
	↑ 221	↓ 81
P₄	− 147	− 57

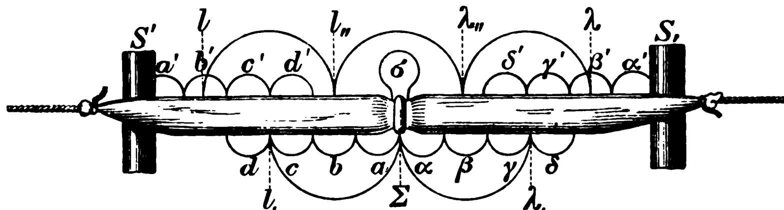
Jetzt handelt es sich darum, was von der vorläufig so genannten unächten inneren Polarisation zu halten sei. Es ist klar, dass ehe wir uns in deren Dasein finden, die Unmöglichkeit auf das Bestimmteste erwiesen sein muss, die Erscheinungen, welche uns zur Vorstellung einer solchen Polarisation führten, durch die gewöhnliche innere negative Polarisation zu erklären. Dieser Beweis ist nicht leicht zu erbringen, so lange er um Schätzungen von Stromdichte in Versuchen an zwei verschiedenen Muskeln sich dreht, wie Gracilis und Sartorius. Insbesondere wird es in hohem Grade wünschenswerth, an Stelle eines so verwickelten und in vieler Beziehung undurchsichtigen Versuchsobjectes wie der Gracilis, ein einfacheres und leichter beherrschbares zu setzen. Dazu ist der uns schon von früher her (s. II. I. *1*. S. 1146. 1154 ff.) bekannte Doppelsartorius geeignet.

§. 11. *Von der negativen Polarisation am Doppelsartorius.*

Der Doppelsartorius ist einem Muskel mit sehniger Scheidewand vergleichbar, sofern die Symphyse eine solche vorstellt, mit dem Unterschiede freilich, dass die Symphyse die Muskelmassen weiter von einander trennt, als die Inscription, dass sie nicht schräg, sondern mehr senkrecht sie durchsetzt, und dass die Muskelbündel nicht facettenförmig daran endigen. Aber gerade diese Umstände sind es, welche im Gegensatz zu den schwierigen Verhältnissen am Gracilis uns hier zu Statten kommen.

Fig. 8 zeigt die Stellungen, welche man den Bussolschneiden giebt, um den secundär-elektromotorischen Zustand des Doppelsarto-

Fig. 8.



rius zu ermitteln. $S'S_,$ sind wie gewöhnlich die Säulenschneiden. Σ ist die Symphyse, $l_,\Sigma$, $\Sigma\lambda_,$ sind die Lagen der Bussolschneiden, bei welchen die eine Schneide der Symphyse, die andere dem Aequator eines der Muskeln anliegt. $ll_{,,}$, $\lambda_{,,}\lambda$ sind symmetrische Lagen der Bussolschneiden am Längsschnitt jedes der beiden Muskeln. $l_{,,}\lambda_{,,}$ ist die Lage, bei welcher die Schneiden die Symphyse und die oberen natürlichen Querschnitte beider Muskeln zwischen sich fassen, endlich σ die Lage, bei welcher sie, jederseits in dem schmalen Raume zwischen den oberen Bündelenden und der Symphyse angelegt, nur letztere zwischen sich haben. Die scharfen Kanten der Bussolschneiden gestatten dies hinreichend sicher zu thun. Von den übrigen in der Figur sichtbaren Lagen wird später die Rede sein.

Ein einzelner Grove bringt durch den Doppelsartorius hindurch an der Bussole im Säulenkreise eine Ablenkung von nur 5^{sc} hervor, wenn er durch den Gracilis hindurch $35—40^{sc}$, also sieben- bis achtmal stärkere Wirkung giebt. Da aber der Sartorius einen sechsmal kleineren Querschnitt hat als der Gracilis,[1] so wird die Stromdichte im Gracilis und im Doppelsartorius nicht sehr verschieden ausfallen; und der Bruch I/q ist sogar für den Gracilis grösser als für den Doppelsartorius im Verhältniss von $37.5/6:5$ oder von $6:5$. Auf alle Fälle ist die Stromdichte mit nur Einem Grove im Doppelsartorius sehr viel kleiner als mit zehn Grove im einfachen Sartorius, wobei die Ablenkung an der Bussole in demselben Zustande 140 bis 180^{sc} betrug.

Trotz diesem auf das 28- bis 36fache sich belaufenden Unterschiede erscheint nun am Doppelsartorius in den Lagen, wo die Symphyse betheiligt ist, negative Polarisation in solchem Maassstabe, dass sie mit der am Gracilis beobachteten als von gleicher Ordnung sich darstellt. Folgendes ist ein Beispiel eines vollständig durchgeführten Versuches der Art. Die Stromrichtungen sind hier wieder nicht als auf- und absteigend angegeben, sondern als von rechts nach links und umgekehrt (vergl. II. I. *1*. S. 1157. 1158).

[1] Untersuchungen u. s. w. Bd. I. S. 705.

Doppelsartorius.

	$l l_{,,}$	$l_{,} \Sigma$	$l_{,,} \lambda_{,,}$	$\Sigma \lambda_{,}$	$\lambda_{,,} \lambda$
M	34 ←	49 ←	104 →	59 →	13 ←
	I	←——(10′ (6)			
	15 ←	71 ←	253 →	295 →	31 →
P_1	−19	+ 22	−149	−236	−44
		)——→ 15′ (5.5)			
	11 ←	307 ←	218 ←	160 →	29 →
P_2	+ 4	−236	−471	−135	− 2

	$l l_{,,}$	$l_{,} \Sigma$	$l_{,,} \lambda_{,,}$	$\Sigma \lambda_{,}$	$\lambda_{,,} \lambda$
		←——(15′ (5)			
	9 →	109 ←	257 →	378 →	65 →
P_3	−20	−198	−475	−218	−36
		)——→ 15′ (5)			
	5 ←	307 ←	201 ←	199 →	41 →
P_4	−14	−198	−458	−179	−24
		←——(15′ (4.5)			
	8 ←	115 ←	190 →	360 →	31 →
P_5	+ 3	−192	−371	−161	+10

In den Strecken $l\ l_{,,}$, $\lambda_{,,}\ \lambda$ ist die innere negative Polarisation so schwach, dass auf zehnmal die Veränderungen der elektromotorischen Kraft dreimal positiv statt negativ ausfallen, d. h. überwogen werden durch zufällige andere Veränderungen, welche ihren Grund in den früher (II. I. *1*. S. 1152 ff.) erörterten, bei solchen Versuchen unvermeidlichen Störungen haben. Der Mittelwerth aller zehn Zahlen ist — 14; man kann vorläufig annehmen, dass die im negativen Sinne davon abweichenden höheren Zahlen gleichfalls auf solchen Störungen beruhten.

Dagegen in den Lagen $l_{,} \Sigma$, $l_{,,} \lambda_{,,}$, $\Sigma \lambda_{,}$, in welchen die Bussolschneiden die Symphyse mit den daran grenzenden Muskelenden zwischen sich haben, stösst man auf Zahlen, welche nicht bloss die mit zehn Grove am einfachen Sartorius, sondern zuweilen sogar die mit Einem Grove am Gracilis und dem Muskelpaare erhaltenen übertreffen. Es ist also klar, dass die Enden der Muskelbündel hier ebenso der Sitz besonders starker negativer Polarisation sind, wie an den Inscriptionen des Gracilis und des Semimembranosus. Man könnte meinen, dass dies von der grösseren Stromdichte in den kegelförmigen Muskelbündelenden an der Symphyse herrühre. Allein die starke Polarisation wird auch wahrgenommen, wenn man an der Symphyse soviel Stümpfe der benachbarten Muskeln stehen lässt, oder die Symphyse sammt den Muskelenden mit einem so dicken Ring aus physiologischem Thon umknetet, dass die Stromdichte gewiss nicht grösser, eher kleiner ist, als im Verlaufe der Muskeln zwischen $l_{,,}$ und $l_{,}$ $\lambda_{,,}$ und λ; und es ist sicher richtiger, in der hohen Polarisirbarkeit der natürlichen Sartoriusenden die Erklärung der ähnlichen Eigenschaft der Inscriptionem am Gracilis und Semimembranosus zu suchen, und somit beide Erscheinungen auf ein gemeinsames Princip zurückzuführen.

Was die Symphyse selber betrifft, so ist ihr, wenn sie mit durchströmt wird, ein gewisser Antheil an der Polarisation freilich nicht abzusprechen. In der obigen Tabelle bemerkt man leicht, dass

die Lagen $l_{,,}\lambda_{,,}$ in den Versuchen 2—5 zu starke Wirkungen liefern. Es erscheint in der Ordnung, dass diese Wirkungen so stark seien, wie die Summen der Wirkungen in den Lagen $l_{,}\Sigma$, $\Sigma\lambda_{,}$; aber sie übertreffen diese Summen nicht unbeträchtlich, denn man hat

$$\begin{aligned}
(2)\quad 471 &= (236 + 135) + 100\\
(3)\quad 475 &= (218 + 198) + 59\\
(4)\quad 458 &= (198 + 179) + 81\\
(5)\quad 371 &= (192 + 161) + 18.
\end{aligned}$$

Es liegt nahe, die Ursache hiervon in der negativen Polarisirbarkeit der Symphysengewebe selber zu suchen, und der Versuch bestätigt diese Annahme, wie folgende Reihe zeigt, in welcher mittels der jederseits zwischen Symphyse und Bündelenden angelegten Bussolschneiden, also in der Lage σ, die Polarisation der Symphyse getrennt aufgenommen wurde. Die Polarisation in der Lage σ ist unter der in der Lage $l_{,,}\lambda_{,,}$, durch eine wagerechte Linie davon geschieden, verzeichnet und durch fetten Druck hervorgehoben.

Doppelsartorius.

	$ll_{,,}$	$l_{,}\Sigma$	σ / $l_{,,}\lambda_{,,}$	$\Sigma\lambda_{,}$	$\lambda_{,,}\lambda$
M	102 ←	103 ←	109 → / 46 →	49 →	43 →
II) ——→ 10′ (14)					
	47 →	174 ←	255 ← / 22 ←	85 →	77 →
P_1	+149	−71	−146 / **−68**	+36	+34
←——(15′ (14)					
	60 ←	144 ←	9 → / 44 →	155 →	57 →
P_2	+107	−30	−264 / **−66**	−70	+20

	$ll_{,,}$	$l_{,}\Sigma$	σ / $l_{,,}\lambda_{,,}$	$\Sigma\lambda_{,}$	$\lambda_{,,}\lambda$
) ——→ 15′ (15)					
	24 →	205 ←	148 ← / 22 ←	104 →	63 →
P_3	+84	−61	−157 / **−64**	−51	+6
←——(15′ (15)					
	32 →	151 →	25 → / 43 →	174 →	63 →
P_4	−8	−356	−173 / **−65**	−70	0
) ——→ 15′ (12)					
	8 →	181 ←	104 ← / 19 ←	102 →	63 →
P_5	−24	+332	−129 / **−62**	−72	0

Die Reihe bietet in den Lagen $ll_{,,}$ und $\lambda_{,,}\lambda$ wieder grosse Unregelmässigkeiten dar, da auf zehnmal die Polarisation sechsmal statt negativ, scheinbar positiv sich darstellt, zweimal Null ist. Dies hat hier nichts zu bedeuten, und um so regelmässiger tritt die negative Polarisation der Symphyse in der Lage σ hervor, indem sie in den fünf Versuchen −68, −66, −64, −65, −62 beträgt, wenn sie auch, was nicht zu erwarten, nicht die Summen $l_{,}\Sigma + \Sigma\lambda_{,}$ zu den Werthen $l_{,,}\lambda_{,,}$ ergänzt.

Auch die ausgeschnittene Symphyse giebt negative Polarisation, wovon man sich mittels desselben Verfahrens überzeugt, welches uns zur Erforschung der Polarisirbarkeit der Patellarsehne gedient hat (s. oben S. 644). Statt dieser klemmt man die Symphyse in den Spalt des Thonstengels ein. Dabei erhält man eine grössere negative secundär-elektromotorische Kraft als mit dem Thon allein, z. B. mit Einem Grove nach 5′ ohne Symphyse −12, mit Symphyse −42^gr^. Dass äussere Polarisation zwischen der Knochen- und Knorpelsubstanz der Symphyse und dem Thon dabei mitspiele, ist sehr unwahrscheinlich, da zu deren Erzeugung ungleich stärkere Ströme gehören.

Dass die Polarisirbarkeit in den Bündelenden an der Symphyse zu suchen sei, geht sodann daraus hervor, dass nach Abtödten dieser Enden nur ein geringer Rest davon zurückbleibt, der zu einem kleinen Theil innere Polarisation sein mag, zu einem grösseren wohl von der Symphyse herrührt, auch wohl noch einen anderen Ursprung haben mag, wie unten im §. 16 erhellen wird. Die folgende Tabelle zeigt das Verhalten, nachdem die beiden oberen Enden des Doppelsartorius nebst der Symphyse vor dem Versuch in 100° heisses Olivenöl getaucht worden waren, während die beiden unteren Zipfel mit der Pincette empor gehalten wurden.

Doppelsartorius mit abgetödteten oberen Enden.

	$l_{,}\Sigma$	$l_{,,}\lambda_{,,}$	$\Sigma\lambda_{,}$
M	142 ←	82 →	240 →
IV	) ——————→		10′ (51)
	129 ←	52 →	147 →
P_1	+ 13	− 30	− 93
	←——————		(15′ (38)
	103 ←	42 →	155 →
P_2	− 26	+ 10	− 8
	) ——————→		20′ (37)
	107 ←	11 →	124 →
P_3	− 4	− 31	− 31

In anderen Fällen geschah mit dem gleichen Erfolge die Abtödtung so, dass die Bündelenden mit einem in 250° heisses Olivenöl getauchten Holzstäbchen (einem Zündholze) berührt wurden, welches sich in dem Öle bräunte. Ich halte dies für eine bessere Versuchsweise als das von Anderen geübte Versengen mittels eines heissen Glasstabes, welcher die berührten Stellen ausdörrt und den Widerstand erhöht, was das heisse Öl jedenfalls in viel geringerem Grade thut.

Es giebt am Frosche noch ein anderes Versuchsobject, welches zu denselben Wahrnehmungen Gelegenheit bietet, wie der Doppelsartorius. Zwar der M. rectus abdominis, an welchen man denken könnte, thut dies nicht; seine Muskelbäuche sind zu kurz, und die schräge Verzerrung seiner Inscriptionen widersetzt sich der gehörigen Ableitung der sonst sehr ausgiebigen Polarisation. Wenn es bloss um Darstellung der Polarisation an sehnigen Scheidewänden sich handelte, an welchen Muskelbündel facettenförmig enden, könnte es, beiläufig gesagt, gar keine bessere Gelegenheit geben, als an den Ligg. intermuscularia der Seitenrumpfmuskeln der Fische, wo eine lange Reihe

von Inscriptionen, denen des Gracilis vergleichbar, folgweise durchströmt würden. Das Versuchsobject am Frosche, welches ich meine, wird geboten durch den Cutaneus femoris, der sich ganz wie der Sartorius behandeln lässt. Man kann die beiden Cutanei so praepariren, dass ihre Beckenenden durch einen fibrösen Strang verbunden bleiben. Da der Querschnitt des Cutaneus nur etwa halb so gross ist wie der des Sartorius (vergl. II. I. *1*. S. 1164), so muss, um ungefähr gleiche Stromdichte zu erhalten, eine etwas grössere elektromotorische Kraft aufgeboten werden. Mit drei, auch mit zwei Grove und 10′ Schliessungszeit erhielt ich in Lagen der Schneiden, welche denen am Doppelsartorius entsprachen, ausserordentlich starke negative Polarisation. In der Lage $ll_{,,}$, $\lambda_{,,}\lambda$ war sie so mächtig, dass sie den Verdacht erweckte, als kämen im Versuche des Muskels, etwa da wo er mit der Haut zusammenhängt, freie Bündelenden vor.

§. 12. *Vergleich der anodischen mit der kathodischen Polarisation der sehnigen Muskelenden.*

Im Vergleich zu den Versuchen am Gracilis kann man die am Doppelsartorius und Doppelcutaneus so auffassen, als hätten wir die Inscription des Gracilis in zwei Blätter gespalten, deren jedes nach seiner Seite zu an Muskelsubstanz stösst und uns die hier stattfindende Polarisation offenbart; da wir keinen Grund haben anzunehmen, dass im Gewebe der Inscription selber besonders polarisirbare Begrenzungen vorkommen. Diese Anordnung hat uns also gestattet, die Polarisation an einer einfachen Grenze von Sehne und Muskel zu untersuchen. Allenfalls könnte dies auch an nur einem Sartorius geschehen, indem man der Symphyse den polarisirenden Strom zu-, und nachmals den Polarisationsstrom davon ableitete. Der Doppelsartorius und Cutaneus bieten aber den grossen Vortheil, dass in einem und demselben Versuche an zwei gleichnamigen Muskeln desselben Thieres mit gleicher Dichte und gleichem zeitlichen Verlaufe des polarisirenden Stromes, die Wirkung bei beiden Stromrichtungen zur Erscheinung kommt.

Dabei giebt sich nun eine sehr auffallende Erscheinung kund, welche bei den Versuchen am Doppelsartorius vollkommen beständig wiederkehrt, aber auch am Doppelcutaneus nicht ausbleibt. Sie besteht darin, dass anfangs die negative Polarisation zwischen Symphyse und Aequator, also in den Lagen $l_{,}\Sigma$, $\Sigma\lambda_{,}$ merklich stärker ausfällt auf der Seite, wo der Strom die Bündelenden verlässt, als auf der, wo er sie betritt. Die kathodische negative Polarisation überwiegt entschieden die anodische. Für den Doppelsartorius zeigt sich dies sehr deutlich in den beiden obigen Tabellen. Am Doppelcutaneus

verhielt sich in vier Versuchen nach der ersten Durchströmung die kathodische zur anodischen Polarisation wie —244: —70; —407: —43; —287: —84; —218: —52. Hier wird das Verhalten schon bei der zweiten Durchströmung unsicher, am Doppelsartorius erst nach mehreren Stromwechseln. Allein bei dieser Überlegenheit der kathodischen über die anodische negative Polarisation hat es sein Bewenden nicht. Sondern es kommt am Doppelsartorius sogar recht häufig vor, wie man es auch schon in den obigen Tabellen sieht, dass das erste Mal die anodische Polarisation statt negativ, positiv ist, dann aber negativ wird, und kleiner bleibt als die kathodische.

Beim ersten Anblick erinnert diese Erscheinung an die oben S. 652 am Gracilis beschriebene bei Ableitung des Polarisationsstromes vom vorderen Rande des Muskels oberhalb und unterhalb der Inscription, doch ist die Übereinstimmung nur eine scheinbare. Denn dort war bei beiden Stromrichtungen die Polarisation oberhalb der Inscription positiv oder schwächer negativ als unterhalb. Hier dagegen trifft dies immer nur auf der anodischen Seite der Symphyse ein. Immerhin besteht zwischen beiden Fällen eine formale Ähnlichkeit. Ganz wie in dem Versuch am Gracilis kann man sich hier vorstellen, dass nicht die negative Polarisation auf der einen Seite schwächer ist als auf der anderen, sondern dass mit ihr zugleich eine bei Wiederholung des Versuches schnell sinkende, positive Polarisation besteht; dass man nur den Unterschied beider zu sehen bekommt, und dass dieser in günstigen Fällen anfangs positiv, später stets, und meist auch von vorn herein negativ ausfällt. Am Gracilis wird aber nur der Anschein positiver Polarisation durch den eigenthümlichen Lauf von Stromcurven erzeugt, welche negativer Polarisation entspringen; hier dagegen hätten wir es mit wirklicher positiver Polarisation zu thun, von deren Ursprung noch wird die Rede sein müssen.

§. 13. *Von der unächten inneren Polarisation am Doppelsartorius.*

Jetzt wenden wir uns zurück zu der Frage, vor der wir oben S. 652 stehen blieben, nach dem Grunde der am Gracilis ausserhalb des Bereiches der Inscription erscheinenden negativen Polarisation, welche uns zu stark erschien, um als ächte innere Polarisation gedeutet zu werden, und die wir deshalb vorläufig als unächte innere bezeichneten. Diese Frage kann vielleicht von hier aus Licht erhalten, denn, wenn von der durchströmten Inscription im Gracilis negative Polarisation über deren Grenzen sich ausbreitet, so darf man Ähnliches auch von der Polarisation an irgend welchen sehnigen Muskelenden, zunächst hier am oberen Ende der Sartorien erwarten. Dem Versuche

lässt sich eine doppelte Gestalt geben, welche schon auf Fig. 8 dargestellt sich findet. Es ist nämlich jetzt an der Zeit, die übrigen dort sichtbaren Bögen in Augenschein zu nehmen. Das erste Verfahren besteht darin, nach Analogie des Messungssystemes B am einfachen Sartorius, die Polarisation in den Lagen $l_{,}\Sigma$, $\Sigma\lambda_{,}$ mit der in den Lagen a, α zu vergleichen. Findet eine Ausbreitung statt, so muss der Potentialunterschied wachsen, wenn die dem Längsschnitt anliegende Schneide weiter abgerückt wird. Dies kommt nun zwar vor, und dabei wächst gelegentlich nicht allein die negative, sondern, wie folgendes Beispiel in der Reihe P_1 zeigt, auch die positive Polarisation auf der Anodenseite der Symphyse; in fünf Fällen von acht indessen blieb der Erfolg aus, so dass man auf diesem Wege zu keiner Überzeugung gelangt.

Doppelsartorius.

	l,Σ	a	α	$\Sigma\lambda,$
M	38	54	84	89
	←	←	→	→
III ←——(10′ (17)				
	164	155	317	467
	←	←	→	→
P_1	+126	+104	−233	−378
)——→ 10′ (19)				
	441	496	167	192
	←	←	→	→
P_2	−277	−341	−150	−268
←——(10′ (18)				
	206	206	486	510
	←	←	→	→
P_3	−235	−290	−319	−311
)——→ 10′ (18)				
	419	452	223	250
	←	←	→	→
P_4	−213	−246	−263	−260

Bei dem anderen Verfahren, nach Analogie des Messungssystemes A, prüft man die kleinen gleich langen Strecken a, b, c, d; $\alpha, \beta, \gamma, \delta$, welche jederseits von der Symphyse in wachsenden Abständen von ihr liegen, und vorher mit Drachenblut bezeichnet werden, auf Polarisation durch einen Strom, der zu schwach ist, um ächte innere negative Polarisation zu erzeugen. Werden die Strecken polarisirt, so kann dies also nur durch Ausbreitung der Polarisation von den Bündelenden an der Symphyse her geschehen, deren besondere Polarisirbarkeit ausser Zweifel steht.

Doppelsartorius.

	d	c	b	a	α	β	γ	δ
M	11	28	81	7	20	113	12	18
	←	←	←	→	→	→	→	←
$III.$ ←——(10′ (57)								
	9	59	127	77	323	213	26	23
	←	←	←	←	→	→	←	←
P_1	− 2	+31	+46	+84	−303	−100	+38	+ 5
)——→ 10′ (56)								
	4	91	219	137	136	125	48	64
	→	←	←	←	→	→	→	←
P_2	+13	−32	−92	−60	−137	− 88	+74	−41
←——(15′ (60)								
	1	93	143	68	214	207	22	19
	→	←	←	←	→	→	←	←
P_3	− 5	+ 2	−76	−69	− 78	− 76	+70	−45
)——→ 5′ (56)								
	9	96	191	151	149	146	43	23
	→	←	←	←	→	→	→	←
P_4	+ 8	− 3	−48	−83	− 65	− 61	+65	− 4

Trotz vielen Unregelmässigkeiten scheint an der Ausbreitung der Polarisation wenigstens in die zunächst benachbarte Strecke kein Zweifel zu sein. Auch breitet sich wieder positive Polarisation aus.

Man kann denselben Versuch auch an den beiden unteren Enden des Doppelsartorius in der Art stellen, wie es Fig. 8 in den Bögen a', b', c', d'; α', β', γ', δ' zeigt.

Doppelsartorius.

	c'	b'	a'	α'	β'	γ'
M	12 →	10 →	20 →	12 →	17 ←	29 →
$II.$) ——→ 10′ (32)						
	37 ←	7 ←	17 →	4 →	12 ←	94 ←
P_1	−49	−17	−3	−8	−2	−116
←—— (10′						
	96 →	46 →	81 →	7 →	6 ←	28 →
P_2	−133	−53	−64	−3	−6	−122
) ——→ 12′5						
	19 ←	13 ←	82 →	16 ←	87 ←	166 ←
P_3	−115	−59	+1	−23	−81	−194
←—— (15′						
	135 →	64 →	60 →	10 ←	4 ←	8 ←
P_4	−154	−77	+22	−6	−83	−158
) ——→ 15′ (39)						
	13 →	7 →	61 →	27 ←	59 ←	139 ←
P_5	−122	−57	+1	−17	−55	−131

Obschon ein Theil der Bündelenden schon ausserhalb der Säulenschneiden und weit entfernt liegt, zeigt sich doch auch hier die Ausbreitung der Polarisation, ja fast reiner als an den oberen Enden. Übrigens ist wieder die anodische negative Polarisation schwächer als die kathodische, ganz wie an den oberen Enden des Sartorius und des Cutaneus.

Man könnte auf den Gedanken kommen, dass die Ausbreitung der Polarisation vorgetäuscht werde durch freie Bündelenden, welche den sehnigen Muskelenden nahe in grösserer Menge vorhanden, als anodische und kathodische Stellen, selber stark polarisirt würden. Doch wäre ein solches Verhalten sehr unwahrscheinlich schon im Hinblick auf Aeby's genaue und gründliche Untersuchung des Sartoriusbaues.[1] Er könnte es bei seinen äusserst zahlreichen Beobachtungen unmöglich übersehen haben. Um vollends sicher zu gehen, bat ich Hrn. Dr. Benda den Sartorius nochmals ausdrücklich auf diesen Punkt zu untersuchen. Er löste den Muskel mittels des bekannten Gemisches von Salpetersäure und krystallisirtem chlorsauren Kali in seine Bündel auf, und breitete ihn auf dem Objectträger so aus, dass man die sämmtlichen oberen Bündelenden in gleicher Höhe nebeneinander vor sich hatte. Beim ersten Blick erkennt man hier und da zwischen den stumpfen auch scheinbar spitze Bündelenden, und sie könnten den Anschein erwecken, als sei unsere Vermuthung gegründet. Doch liegen sie viel zu sehr in gleicher Höhe mit den stumpferen Enden, um mit ihrer

[1] Henle und Pfeufer, Zeitschrift für rationelle Medicin. 1862. 3. Reihe. Bd. XIV. S. 198.

Hülfe die Ausbreitung der Polarisation über makroskopische Strecken erklären zu können, und wenn man die scheinbaren Spitzen tiefer in's Innere verfolgt, zeigt sich, dass sie nichts anderes sind, als gewöhnliche aus der gemeinschaftlichen Sehne losgelöste Enden dünnerer Muskelbündel.

§. 14. *Von der Polarisation an den sehnigen Muskelenden und ihrer Ausbreitung im Muskelbündel.*

Lassen wir also fortan, und bis auf Weiteres, die Ausbreitung der Polarisation von den Muskelenden aus in den Bündeln, oder den Anschein einer solchen, als eine neue Thatsache gelten. Diese Ausbreitung erklärt hinreichend das oben ausführlich behandelte Verhalten am Gracilis, nämlich die auffallend starke negative Polarisation in den Strecken zwischen der Inscription und den Säulenschneiden, welche wir unächte innere Polarisation nannten. Sie erklärt vielleicht auch die auffallend starke Polarisation, welche sich am Doppelcutaneus in den am Doppelsartorius mit $ll_{,,}$, $\lambda_{,,}\lambda$ bezeichneten Strecken zeigt.

Dagegen könnte es jetzt fraglich erscheinen, ob nicht alle unsere Ermittelungen über die ächte innere Polarisation der Muskeln hinfällig geworden seien, insofern was wir dafür ansprachen, vielleicht nichts war als von den Säulenschneiden her sich ausbreitende Polarisation der Bündelenden. Die negative Polarisation in der Aequatorialzone des Sartorius, der Strecke δ_m des Messungssystemes A, fällt nicht bloss eben so stark aus, wie die Polarisation in den Strecken δ_c, δ_p zunächst den Säulenschneiden, sondern unter Umständen sogar stärker, wie man dies in den Tabellen II. I. *l.* S. 1150 sieht, wo im ersten Beispiele das Mittel der P für δ_m $-$ 56.3, für δ_c, δ_p $-$ 33.8, im zweiten Beispiele das erstere Mittel $-$ 100.0, das zweite $-$ 58.5 beträgt. Es läge nahe, dies darauf zu deuten, dass von beiden Säulenschneiden aus in Bezug auf den primären Strom negative, also einander gleichgerichtete Polarisationen bis zur Aequatorialzone sich erstrecken und dort sich summiren. Indess damit die Summe in δ_m die einzelnen Summanden in δ_c, δ_p übertreffe, müsste die Polarisation bis zur Strecke δ_m um weniger als die Hälfte abnehmen. In den Versuchen mit nur Einem Grove nahm sie sichtlich um viel mehr ab. Man könnte einwenden, dass in den Versuchen über innere Polarisation am einzelnen Sartorius zehn Grove angewendet wurden. Allein hier befanden sich die sehnigen Enden nicht einmal sicher und gleichmässig auf der Bahn des Stromes, und am Muskelpaare erwies sich die negative Polarisation aus noch zu untersuchenden Gründen mit Einem Grove stärker als

mit zehn. Wie dem auch sei, für das Bestehen der ächten inneren negativen Polarisation spricht unwiderleglich, dass sie auch am abgestorbenen oder verbrühten Muskel nachgewiesen wurde, und vor Allem, dass sie nicht minder sich zeigte, wenn die Säulenschneiden den abgetödteten Enden des Sartorius anlagen.

So käme es denn nun darauf an, uns eine Vorstellung zu bilden von dem, was in den durchströmten sehnigen Muskelenden vor sich geht und mit abnehmender Stärke über makroskopische Strecken sich ausbreitet; in Folge wovon in den Bündelenden und den benachbarten Strecken säulenartig angeordnete negative elektromotorische Kräfte rege werden und eine Zeitlang mit abnehmender Stärke wirksam bleiben.

Zunächst ist nochmals zu betonen (s. oben S. 645), dass nicht daran zu denken ist, die am sehnigen Ende stattfindende Polarisation dem dort die Bahn des Stromes durchsetzenden Sehnengewebe als solchem zuzuschreiben. Nicht allein haben wir in schematischen Versuchen die Polarisirbarkeit des Sehnengewebes zu gering gefunden, um sie so zu verwerthen, sondern die Ausbreitung der Polarisation den Muskelbündeln entlang widerstreitet vollends solcher Auffassung. Der Sitz der Polarisation am sehnigen Ende ist vielmehr zweifellos zu suchen in der parelektronomischen Schicht oder Strecke, und die einzige Art, diese Erscheinungen an schon Bekanntes zu knüpfen, würde sein, sie auf negative Schwankung wegen Zusammenziehung zurückzuführen, sei's dass sie eine Nachwirkung solcher Schwankung, sei's dass sie die eine Dauererregung begleitende Schwankung selber seien.

Das Erste, was hier geschehen muss, ist offenbar, die Erscheinungen der Zusammenziehung zu beobachten, welche etwa mit den secundär-elektromotorischen Erscheinungen Hand in Hand gehen. Bei der bisherigen Versuchsweise war dies unausführbar, weil sie eine Spannung des Muskels voraussetzt, wobei seine Zusammenziehung unmerklich wird. Man kann aber so verfahren, dass man den polarisirenden Strom durch den Muskel schickt, genau wie bei den Polarisationsversuchen, und statt der elektromotorischen Wirkungen die etwaigen mechanischen Reizerfolge beobachtet. Dazu wurde der eine Muskel eines curarisirten Doppelsartorius in 50° warmer physiologischer Steinsalzlösung abgetödtet, der Doppelsartorius, wie früher wagerecht und mit seinen Flächen in senkrechter Ebene, diesmal aber zwischen zwei sehr schwach belasteten Zuckungstelegraphen aufgestellt, und der Aequator des lebendigen Muskels mittels zweier Igelstacheln auf einer Korkleiste festgesteckt. So konnten Zuckungen der oberen und der unteren Hälfte des lebendigen Sartorius einzeln sicher wahrgenommen

werden, während der todte nur zur Zuleitung des Stromes in derselben Art diente, wie sie in den Polarisationsversuchen stattgefunden hatte. Diese Vorrichtung steht Hrn. Hering's Doppelmyographion an Feinheit freilich nach, doch reichte sie nach den Erfahrungen, die ich schon vor langer Zeit damit machte (s. oben II. I. 7. S. 1139), für den gegenwärtigen Zweck völlig aus. Um dem zuckungsfähigen Muskel den Strom in derselben Art zuzuführen, wie in den Polarisationsversuchen, wurde ferner über dem Zipfel jedes der beiden Sartorien von einem Faden getragen ein sattelförmig gebogener Thonstengel von der rundlichen Form (II. I. 7. S. 1142) gehängt, dessen freie Enden in ein Gefäss mit Zinksulphatlösung tauchten, welches zur Verbindung mit der polarisirenden Kette eine verquickte Zinkplatte enthielt. Die angewendete Stromdichte und die Schliessungszeiten waren dieselben wie bei den Polarisationsversuchen, Ein Grove und 10—15 Minuten. Bei gleicher Leistungsfähigkeit mussten also im Wesentlichen dieselben mechanischen Reizerscheinungen eintreten, die möglicherweise bei den Polarisationsversuchen, der Beobachtung entzogen, zugegen gewesen waren.

Leider muss gesagt werden, dass trotz aller Sorgfalt das Ergebniss dieser Versuche nicht so beständig ausfiel, wie zu wünschen gewesen wäre. Es kamen Unregelmässigkeiten vor, am oberen Ende vielleicht bedingt durch Beeinträchtigung seiner Erregbarkeit beim Verbrühen des anderen Sartorius, am unteren Ende durch eine etwas verschiedene Lage des stromzuführenden Thonstengels. In den scheinbar gelungensten Versuchen erfolgte beim ersten Schliessen nichts; beim Öffnen nach zehn Minuten starke anodische Zuckung, beim Schliessen zum entgegengesetzten Strom starke kathodische, schwache anodische Zuckung; beim Öffnen nur noch spurweise anodische Zuckung; und von hier ab nichts mehr als das classische Bild der sogenannten Volta'schen Abwechselungen,[1] nämlich nichts beim Öffnen und Schliessen des längere Zeit geschlossen gehaltenen Kreises, aber beim Schliessen nach Umlegen der Wippe gelegentlich noch lebhafte, besonders kathodische Zuckung. Von Dauererregung, welche bei Hering und Biedermann eine grosse Rolle spielt, sah ich nie eine Spur.

Es kommt indess auf die Besonderheiten im Gange der Erscheinungen nicht an. Sondern das Wesentliche daran für uns ist dies, dass zwischen den mechanischen Reizerfolgen und der Polarisation durchaus keine solche Beziehung obzuwalten scheint, wie sie nöthig wäre, um die Polarisation als Nachwirkung negativer Schwankung oder als negative Schwankung selber aufzufassen. Nach einer Anzahl von Stromwechseln, nach welcher die Polarisation noch völlig aus-

[1] Untersuchungen u. s. w. Bd. I. S. 365 ff.

gebildet erscheint, wird jede Spur einer Öffnungszuckung vermisst, die doch allein die negative Schwankung hinterlassen könnte, als welche wir die Polarisation erkennen möchten. Dass keine Dauererregung dazu sich darbiete, wurde erst eben angeführt.

Allein noch aus anderen Gründen scheitert die Bemühung, die negative Polarisation der Bündelenden auf negative Schwankung wegen Zusammenziehung zurückzuführen. Ich will hier in die Erörterung darüber, wie örtliche Zusammenziehung der Bündelenden die elektromotorische Wirkung des Muskels verändern müsse, nicht eintreten. Es können darüber die Meinungen auseinandergehen, doch ist auch dieser Punkt für die gegenwärtige Frage zunächst gleichgültig. Denn während daran kein Zweifel zu sein scheint, dass die elektromotorische Wirkung der Zusammenziehung die nämliche sein werde, gleichviel ob das gereizte Bündelende Anode oder Kathode sei, wechselt ja im Gegentheil die Polarisation ihre Richtung mit dem Strome, da sie immer diesem entgegengesetzt, negativ bleibt. Allerdings fanden wir, dass die anodische Polarisation anfangs bisweilen positiv war, dass sie im weiteren Versuch zwar negativ wurde, jedoch noch lange schwächer blieb, als die kathodische. Der Augenschein drängte zu der Vorstellung, dass hier zwei Wirkungen, eine positive und eine negative, zugleich vorhanden seien, deren erstere anfänglich die Oberhand habe, sie aber im ferneren Verlauf mehr und mehr einbüsse. Da in derselben zeitlichen Folge die anodische Öffnungszuckung verschwindet, so liegt es nahe, die positive Polarisation mit dieser Zuckung in Verbindung zu bringen.

Hr. Hering lässt sehr schwache Ströme sowohl an der Anode wie an der Kathode negative Polarisation geben, starke und länger dauernde Ströme dagegen an der Anode positive Polarisation.[1] Er kommt überall mit seiner 'Alterirung' durch, welche die 'alterirte' Muskelsubstanz nach Bedürfniss bald positiv, bald negativ gegen die nicht alterirte macht; eine um so bequemere Auskunft als die 'Alterirung' ohne irgend einen sichtbaren mechanischen Reizerfolg zugegen sein kann, und ein empfindlicheres Mittel als die Zusammenziehung selber abgiebt, um die Einwirkung des Stromes auf die Muskelsubstanz wahrzunehmen (vergl. II. I. 7. S. 1160). Wie sich diese Lehre mit der des Hrn. Hermann verträgt, zu welcher doch Hr. Hering ausdrücklich sich bekennt, wonach aber, soviel ich weiss, 'alterirtes' Protoplasma stets negativ gegen nicht 'alterirtes' sich verhalten soll, finde ich bei Hrn. Hering nicht erklärt; doch mag ich, in der Fülle seiner Mittheilungen, die Stelle übersehen haben.

---

[1] Dreizehnte Mitth. A. a. O. 1883. Bd. LXXXVIII. S. 422.

Noch eine Schwierigkeit widersetzt sich der Zurückführung der negativen Polarisation auf negative Schwankung des Muskelstroms, das ist die viel zu grosse Stärke der ersteren. Nach meinen Erfahrungen beläuft sich die negative Schwankung nach stärkstem mittelbarem Tetanus nur auf die Hälfte der Muskelstromkraft zwischen natürlichem Längs- und künstlichem Querschnitt. Sie ist dabei absolut grösser als die Schwankung mit natürlichem Querschnitt. Die Nachwirkung mit künstlichem Querschnitt kann nach Hermann Roeber etwa ein Fünftel der Muskelstromkraft betragen; bei natürlichem Querschnitt verharrt in einigen Fällen die Stromkraft auf der Stufe wie im Tetanus selbst.[1] Die mittlere Stromkraft des Sartorius beläuft sich bei dem Zustande des Compensators während der obigen Versuche, auf 266^{cgr}. Danach könnte die grösste negative Schwankung, vollends die grösste Nachwirkung einer solchen, höchstens 133^{cgr} gleichkommen; und diese Zahl dürfte schwerlich je erreicht werden. Ein Blick auf unsere Tabellen zeigt nun aber eine Menge Zahlen, welche jene viel weiter übertreffen, als schon sie selber von der Wahrscheinlichkeit abweicht. Die anodische positive Polarisation erreicht zwar solche Höhe nicht, aber wir bekommen auch nur den Unterschied zwischen ihr und der negativen Polarisation zu sehen. Wie dem auch sei, selbst sie getraue ich mir, in Ermangelung eines hinreichenden Tetanus um sie zu erzeugen, noch nicht als die bekannte Nachwirkung negativer Schwankung anzusprechen, und wir müssen auf eine andere Auskunft bedacht sein.

Eine Vermuthung steht noch offen, welche sichtlich viel für sich hat. Der Anschein einer Ausbreitung der Polarisation am Doppelsartorius könnte daher rühren, dass in der Nähe der Symphyse und der Säulenschneiden die Stromfäden noch nicht parallel der Axe der Bündel verlaufen, dass sie noch vielfach seitliche Begrenzungen der Bündel überschreiten, und dass solche anodische und kathodische Stellen wie die Bündelenden selber als Sitz von Polarisation sich verhalten mögen, wie ja auch von ihnen polare Erregung der contractilen Substanz ausgeht. Diese Erklärung würde uns der Nöthigung überheben, der wir sonst nicht ausweichen könnten, einen neuen elektrischen Zustand der lebenden Muskelsubstanz anzunehmen, einen dritten neben der negativen Schwankung und ihrer Nachwirkung und neben der ächten inneren Polarisation. Das beängstigende Gespenst der unächten inneren Polarisation wären wir los. Es würde sich nur noch darum handeln, herauszubringen, was an den anodischen und kathodischen Stellen des Bündelumfanges vor sich gehe, ob dieser Vorgang einerlei sei mit dem freilich auch noch unverstandenen an den Bündelenden, und was seine

[1] Gesammelte Abhandlungen u. s. w. Bd. II. S. 413. 423. 424. 537.

Beziehung zu der von Hrn. Hermann erkannten queren Polarisation des Muskels sei.

Ein erstes Bedenken gegen diese Auffassung entspringt jedoch daraus, dass, wie wir fanden, die geknickte Lage der Bündel in einem schlaffen Muskel dessen Polarisirbarkeit im Vergleich zu der eines gespannten, wenn überhaupt, kaum merklich erhöht (II. I. *1*. S. 1154 ff.). Ein zweites Bedenken wäre, dass die Erklärung nicht zu passen scheint auf die Ausbreitung der Polarisation von der Inscription des Gracilis aus, wo man meinen sollte, die Stromfäden müssten der Axe der Bündel so parallel verlaufen wie nur möglich (s. oben S. 644). Aber vielleicht rührt hier das, was wir unächte innere Polarisation nannten, gar nicht von der Inscription her, sondern allein von den Säulenschneiden.

Jedenfalls wird es, um eine breitere Grundlage für diese Erörterung zu gewinnen, nöthig sein, die polarisirenden Ströme noch in anderer Art abzuändern als bisher, wie auch die Polarisation beim Ein- und Austritt des Stromes am Längsschnitt mit der am natürlichen Querschnitt zu vergleichen, was mit grossen Schwierigkeiten verknüpft sein wird. Zunächst jedoch ist noch von einigen, die innere negative Polarisation der Muskeln betreffenden Angaben anderer Forscher Kenntniss zu nehmen.

§. 15. *Hrn. Hermann's Versuche über die innere negative Polarisation der Muskeln.*

Mittlerweile hat nämlich Hr. Hermann die Polarisation der Muskeln zum Gegenstand einer umfangreichen Untersuchung gemacht,[1] welche ihn dazu führte, die Wirklichkeit der inneren negativen Polarisation anzuerkennen und gegen Hrn. Hering in Schutz zu nehmen.

Hr. Hermann verwirft, ich begreife nicht aus welchem Grunde, den Namen der inneren Polarisation, den ich, im Gegensatz zur äusseren Polarisation an der Grenze von Elektrolyten, der von mir entdeckten Erscheinung gab. Er will sie 'Infiltrationspolarisation' genannt wissen. Abgesehen von ihrer Schwerfälligkeit und Unnützlichkeit erscheint mir diese neue terminologische Schöpfung des Hrn. Hermann als keine glückliche, da das Wort auch so verstanden werden kann, als entstehe die innere Polarisation durch Infiltration, und da man von den naturgemäss Flüssigkeiten im Inneren beherbergenden thierischen und pflanzlichen Geweben doch nicht sagt, sie

[1] Pflüger's Archiv u. s. w. Bd. XLII. 1888. S. 1 ff.

seien infiltrirt, was so klingt, als sei die Flüssigkeit von aussen eingedrungen.

Hrn. Hermann's Verfahren, um die Polarisation der Muskeln zu untersuchen, bestand darin, dass er dem Muskel ein Paar Doppelelektroden (s. II. 1. 7. S. 1144) seitlich anlegte, und durch sie den polarisirenden Strom zuführte, sowie den Polarisationsstrom ableitete. Die Muskeln waren nicht curarisirt. In der Mehrzahl der Versuche rührte der polarisirende Strom von nur Einem Daniell her, wurde noch durch Nebenschliessung geschwächt und dauerte nur 5 Secunden, höchstens 5 Minuten. Den Gebrauch starker Ströme müsse man durchaus vermeiden, um den Öffnungsactionsstrom zu umgehen, d. h. in Hrn. Hermann's Kunstsprache, die Nachwirkung der von der Anode ausgehenden negativen Schwankung.

Damit wäre unseren obigen Ergebnissen über innere negative Polarisation am einzelnen Sartorius der Stab gebrochen, wenn nicht aus den dargelegten Gründen bestimmt folgte, dass unsere innere Polarisation nichts mit der polaren Erregung des Muskels zu schaffen habe, und wenn nicht gerade umgekehrt Hrn. Hermann's Versuchsweise ganz ungeeignet dazu schiene, über die Polarisirbarkeit der Muskeln in's Klare zu kommen. Denn Hr. Hermann hatte bei seinem Verfahren stets die anodischen und kathodischen Stellen am Muskel im Bussolkreise, und die Trennung der an diesen stattfindenden polaren Wirkungen und der inneren Polarisation war dabei unmöglich. Stets hatte er es zu thun mit der Summe: 1. der nach Hrn. Hering bei sehr schwachen Strömen an der Anode stattfindenden negativen Polarisation (s. oben S. 665); 2. der gleichfalls von Hrn. Hering nachgewiesenen negativen kathodischen Polarisation, welche beide auch in unseren obigen Versuchen am Doppelsartorius sich zeigten; 3. der wahren inneren negativen Polarisation der Muskelbündel; 4. der von Hrn. Hermann selber zuerst beschriebenen queren Polarisation der Muskeln. So verfährt aber Hr. Hermann nicht bloss am Sartorius und am Abductor magnus, sondern sogar am Gracilis, ohne sich um die Inscription zu kümmern. Ich begreife nicht, wie er angesichts der ihm doch wohl bekannten Aufstellungen Hrn. Hering's, und der von diesem an meinen Versuchen am Muskelpaare geübten Kritik, sich bei seiner Versuchsweise beruhigen konnte, ohne auch nur mit einem Worte die dawider sprechenden Bedenken zu erwähnen, überlasse es aber billig Hrn. Hering, welcher ja sonst Hrn. Hermann treue Heeresfolge leistet, sich weiter mit ihm darüber auseinanderzusetzen.

Seiner eigenen Warnung zum Trotze kommen übrigens bei Hrn. Hermann doch auch Versuche, und zwar am Sartorius, mit 18 Zinkkohleelementen und 16 Minuten Schliessungszeit vor, ohne dass vom

anodischen 'Öffnungsactionsstrom' weiter die Rede wäre. Wie dem auch sei, die rohe Summe der secundär-elektromotorischen Wirkungen zwischen den Doppelelektroden bezeichnet Hr. Hermann schlechthin als Polarisation des Muskels, und untersucht sie mit einem mächtigen Rüstzeug scheinbar höchst exacter Methoden. Schade nur, dass diese Bemühungen nicht an eine mehr eindeutige und durchsichtige Erscheinung gewandt werden. Vor Allem liess er sich angelegen sein, den Polarisationsquotienten Q zu bestimmen, d. h. das Verhältniss P/I, wo die Polarisation P in Volt, die Stromstärke in Ampère, folglich Q in Ohm ausgedrückt werden.

Allein ich irre mich sehr, oder Hr. Hermann vernachlässigt dabei die Hauptsache, nämlich dass es bei der Polarisation nicht einfach auf die Stromstärke ankommt, sondern auf das, was wir hergebrachter Weise mit dem vor fünfzig Jahren von Moritz Jacobi vorgeschlagenen,[1] etwas uneigentlichen Ausdruck als Stromdichte bezeichnen. Es heisse die elektromotorische Kraft der Polarisation in einem gegebenen Falle P, der wahre Polarisationsquotient K, der Querschnitt, in welchem K zu bestimmen ist, q, die Dichte Δ, so ist K nicht gleich P/I, sondern P/Δ, wo $\Delta = I/q$, oder da (s. oben S. 640).

$$I = \frac{E}{W + \frac{\sigma L}{q}}, \quad \Delta = \frac{E}{Wq + \sigma L}, \quad \text{woraus } K = \frac{P(Wq + \sigma L)}{E}$$

sich ergiebt. Ich verstehe um so weniger, wie Hr. Hermann bei seiner Auffassung des Polarisationsquotienten beharren konnte, als er in einer früheren Arbeit, auf welche er sich in der gegenwärtigen sonst mehrfach beruft, von der specifischen Polarisirbarkeit ganz richtig sagt: »So kann man füglich den Quotienten: Polarisation/Stromdichte bezeichnen«,[2] und als er auch jetzt den Einfluss der Dichte auf die Polarisation gelegentlich wohl in Betracht zieht.[3]

Es ist, nebenher gesagt, eine Lücke in dem von dem internationalen Elektriker-Congress zu Paris 1881 aufgestellten C. G. S.-System elektrischer Maasseinheiten, dass die Dichte des Stromes leer ausging, welche bei der Elektrolyse, der Polarisation, den Reizversuchen, der Elektrotherapie so oft eine entscheidende Rolle spielt. Es hätte eine Einheit der Dichte, etwa ein Ampère im Quadratcentimeter, gewählt und mit einem passenden Namen belegt werden müssen. Freilich wird es keine leichte Aufgabe sein, die Stromdichte in so unregel-

---

[1] Poggendorff's Annalen u. s. w. 1839. Bd. XLVIII. S. 44.
[2] Pflüger's Archiv u. s. w. Bd. V. 1872. S. 249. Anm. 1.
[3] Ebenda, Bd. XLII. 1888. S. 32.

mässig gestalteten Leitern zu bestimmen, wie sie die Versuchsobjecte der Elektrophysiologie fast stets, die Heilobjecte der Elektrotherapie ausnahmslos darstellen. Liegen beispielsweise dem Muskel seitlich stromzuführende Thonspitzen an, so nimmt die Dichte von der Berührungsfläche in das Innere hinein ab in dem Maasse, wie die höchst verwickelt gekrümmten, stetig ihre Richtung ändernden isoëlektrischen Flächen an Grösse zunehmen, bis endlich diese Flächen mit dem Querschnitt des Muskels mehr oder weniger genau zusammenfallen. Sogar dann aber bleibt, wie schon II. 1. *1*. S. 1148 bemerkt wurde, der Fläche des Muskels entlang, welcher die Spitzen anliegen, wegen grösserer Kürze der Stromfäden die Dichte etwas grösser als längs der anderen.

Natürlich giebt es zahlreiche Fälle, wie wir selber solchen fortwährend begegnet sind, wo bei constantem q in einem und demselben Polarisationsobject, oder gleichem q, oder überhaupt gleicher Grösse und Gestalt zweier zu vergleichenden Polarisationsobjecte, auch die blosse Bestimmung des Quotienten P/I schon zu lehrreichen Aufschlüssen führen kann. Hr. Hermann findet, dass sein Polarisationsquotient im Bereiche schwacher Ströme annähernd proportional der Stromstärke, in dem starker Ströme langsamer wächst. Er wächst ferner mit der Schliessungszeit fast unbegrenzt, wenn auch mit abnehmender Geschwindigkeit, und hierzu bemerkt Hr. Hermann, es »fänden sich schon bei mir manche Andeutungen« solchen Verhaltens. In meiner Abhandlung über die Erscheinungsweise des Muskel- und Nervenstroms u. s. w. heisst es von dem Ausschlag durch die negative Polarisation, welche Ströme von der Ordnung des Muskelstromes erzeugen: »Dieser Ausschlag wächst mit der Dauer der Durchströmung«.[1] Der §. VIII meiner ersten Mittheilung 'über secundär-elektromotorische Erscheinungen' ist überschrieben 'Graphische Darstellung und Discussion der Polarisationscurven bezogen auf die Schliessungszeit'; ein schematisches Curvenbild zeigt, wie die negative Polarisation mit der Schliessungszeit wächst, und auf S. 355 ist davon auch ein numerisches Beispiel gegeben. Dasselbe Gesetz wird in dem Curvenbilde zu §. IX, 'Von den Polarisationscurven bezogen auf die Öffnungszeit', vorgeführt. So bestimmte Angaben anderer Forscher nennt Hr. Hermann »Andeutungen«. Wenn er gesagt hätte, dass meine Angaben über das Wachsen der Polarisation mit der Schliessungszeit dadurch verdunkelt seien, dass sie mit Inscriptionen versehene Muskeln betreffen, so wäre diese Ausstellung an und für sich nicht unberechtigt gewesen, nur dass seine eigenen Versuche, wegen der seitlichen Zu- und Ableitung durch Doppelelektroden, auch nicht rein

---

[1] Gesammelte Abhandlungen u. s. w. Bd. II. S. 191. 192.

sind. Übrigens fällt das Wachsen der inneren negativen Polarisation der Muskeln mit der Schliessungszeit beim ersten Anblick und bei jeder Gelegenheit dermaassen in die Augen, versteht sich auch nach der Analogie mit der Polarisation der feuchten porösen Halbleiter so von selbst, dass ich es nicht für nöthig hielt, im Vorigen noch ausdrücklich davon zu handeln.

Um die Abhängigkeit der Polarisation von verschiedenen Umständen zu erforschen, bediente sich Hr. HERMANN wieder des schönen, was er nicht zu wissen scheint, von POGGENDORFF angegebenen Kunstgriffes, die beiden hinsichtlich ihrer Polarisirbarkeit zu vergleichenden Objecte zuerst in demselben Säulenkreise zu polarisiren, dann in demselben Bussolkreise einander entgegenzusetzen.[1] So werden Widerstand und Zeit eliminirt, und der Sinn des Ausschlages zeigt ohne Weiteres an, welches Object das mehr polarisirbare sei. Mittels dieses Verfahrens untersuchte Hr. HERMANN den Einfluss des Durchströmungswinkels, der Streckenlänge, der Zuleitung durch den künstlichen Querschnitt und der Temperatur; auch verglich er die Polarisirbarkeit der Muskeln mit der der Nerven und anderer Gebilde.

Uns gehen unter diesen Versuchen hier zunächst diejenigen näher an, welche Hrn. HERMANN bewogen, eine innere negative Polarisation der Muskeln anzunehmen. »Bei gewöhnlicher lateraler Zuleitung«, sagt er, »zeigt sich eine unzweifelhafte Zunahme des Quotienten P/I mit »der Streckenlänge, wie folgende Beispiele zeigen.« Es folgen drei Versuche am Gracilis, in denen unter sonst gleichen Umständen der Abstand der Doppelelektroden bald gross, bald klein gewählt wurde: Der grössere Abstand betrug 22—31, der kleinere 5—9^{mm}. Die Polarisation erschien im ersteren Falle stärker als im letzteren. Nach unseren obigen Ermittelungen ist wegen der Inscription am Gracilis dies Ergebniss für die Frage nach der inneren Polarisation völlig werthlos, und es ist, ich wiederhole es, nicht zu begreifen, wie bei dem heutigen Stande der Kenntniss Hr. HERMANN auch nur einen Augenblick dabei verweilen konnte. Er macht aber gar keinen Unterschied zwischen diesen Versuchen und zwei anderen, zu welchen regelmässige monomere Muskeln in folgender Art verwendet wurden. »Der aufgespannte Muskel wurde an zwei Stellen mit einem Messer»rücken quer durchquetscht, auf diese Stellen zwei kleine Holz»keile mit ihren Schneiden fest aufgesetzt, und die Thonspitzen diesen »Keilen angedrückt. Die Holzkeile waren durch Kochen in verdünnter »Schwefelsäure mit dieser getränkt.« So wurden zwei Adductores magni und zwei Sartorien behandelt. An dem einen Adductor be-

[1] POGGENDORFF's Annalen u. s. w. 1844. Bd. LXI. S. 612 ff.

trug der Abstand der Keile 20, an dem anderen 9^{mm} und die Quotienten P/I verhielten sich wie 2·1 : 1. An den Sartorien waren die entsprechenden Zahlen 27^{mm}; 9^{mm} und 1·6 : 1.[1]

Das sind die Erfahrungen, auf welche hin Hr. Hermann »es »für mindestens sehr wahrscheinlich hält, dass ein gewisser Theil »der Polarisation der Muskeln wirkliche innere ... ist.«[2] Sein Verfahren, wobei nicht einmal verschieden lange Strecken desselben Muskels verglichen wurden, und die mit Schwefelsäure getränkten Holzkeile eine ebenso bedenkliche wie unnütze Verwickelung einführten, hat schwerlich irgend einen Vorzug vor dem von mir angewandten, und ich glaube nicht, dass seine beiden Versuche die Schaar der meinen entwerthen.

Den Durchströmungswinkel anlangend bestätigt Hr. Hermann seine frühere Angabe, dass der querdurchströmte Muskel viel stärker polarisirbar ist als der längsdurchströmte. Auf seine Veranlassung hatte dann schon Hr. Franz Boll mittels derselben Versuchsweise, Poggendorff'scher Umschaltung und Doppelelektroden, den Einfluss der Temperatur auf die Polarisation der Muskeln zu ermitteln versucht,[3] doch waren seine Bemühungen erfolglos geblieben. Jetzt gelang es Hrn. Hermann festzustellen, dass Kälte die Polarisation erhöht, Wärme sie vermindert.[4] Endlich untersuchte auch Hr. Hermann, wiederum mittels der Poggendorff'schen Umschaltung, ob es einen Einfluss auf die Polarisation übt, wenn der Strom in den Muskel durch künstlichen Querschnitt ein- und durch natürlichen Längsschnitt austritt, oder wenn er den umgekehrten Weg einschlägt. Hr. Hermann sah meist die Polarisation im ersten Falle stärker als im zweiten; jedoch vermochte er gewisse Bedenken gegen diese Wahrnehmung nicht völlig zu beseitigen. Dies führt nunmehr zu einer merkwürdigen hierher gehörigen Beobachtung Hrn. Bernstein's.

§. 16. *Hrn. Bernstein's Versuche über Polarisation der Muskeln.*

Hr. Bernstein hat unlängst eine grosse Arbeit veröffentlicht, in welcher er eine in sich geschlossene Theorie der elektrischen Erregungsvorgänge und Erscheinungen an den Nerven und Muskeln zu geben unternimmt, und auch eine Anzahl eigener neuer Versuche mit-

[1] A. a. O. S. 24–26.
[2] A. a. O. S. 61.
[3] Über den Einfluss der Temperatur auf den Leitungswiderstand und die Polarisation thierischer Theile. Inaugural-Dissertation. Königsberg 1887. S. 21 ff.
[4] A. a. O. S. 30.

theilt.[1] Es ist nicht meine Absicht, hier auf seine sehr beachtenswerthen Aufstellungen einzugehen, welchen eine im Wesentlichen der meinigen sich anschliessende Molecularhypothese zu Grunde liegt; ich bezwecke nur eine Besprechung seiner Beobachtungen über die innere Polarisirbarkeit der Muskeln und ein damit zusammenhängendes Phaenomen. Hr. Bernstein sagt: »Nach neueren Versuchen von E. Hering findet »überhaupt eine innere Polarisation der Faser nicht statt, wenn die »Ströme parallel ihrer Axe darin verlaufen ... In der That lässt »sich der Hering'sche Versuch leicht bestätigen. Man erhält keine »oder nur unbedeutende Nachströme, wenn man den Enden des aus»gespannten Sartorius den polarisirenden Strom zuführt, und von der »Mitte des Muskels eine kleine Strecke ableitet. Noch besser ist es, »auch die Enden des Sartorius abzutödten, weil die Stromfäden dann »in die künstlichen Querschnitte eintreten, keine Zuckungen ver»ursachen, und voraussichtlich auch parallel in dem lebenden Stück »verlaufen. Wir werden also hieraus schon entnehmen, dass »die Polarisation bei der Längsdurchströmung nur zwischen todter »und lebender Substanz der Faser stattfindet. Dies lässt sich aber »ganz direct in folgender Weise demonstriren. Hat man den eben »beschriebenen Hering'schen Versuch angestellt, und sich von der »Abwesenheit jeder Polarisation in einer mittleren Strecke des Muskels »überzeugt, so zerquetsche man mit einer schmalen Pinzette den »Muskel zwischen den ableitenden Elektroden. Ist die abgeleitete Stelle »vorher stromlos gewesen, oder hat man einen schwachen Strom derselben compensirt, so bleibt auch jetzt die Stelle ungeändert, denn »die Muskelströme der beiden Hälften heben sich vollständig auf. »Leitet man aber nun den polarisirenden Strom zu, so sieht man »nach dessen Öffnung eine beträchtliche negative Polarisation auftreten. »Der Versuch ist ein so einfacher, dass es wohl unnöthig ist, be»sondere Daten aus meinen Beobachtungen hierfür anzugeben. Das »Resultat lässt keine andere Deutung zu. Die Polarisation geschieht »in diesem Falle einzig und allein an der Grenze der todten und »lebenden Substanz.«[2]

Aus unseren Versuchen ergiebt sich, dass Hr. Bernstein sich nicht in der Lage befand, um die innere negative Polarisation wahrzunehmen, deren Dasein er deshalb, wie Hr. Hering, mit Unrecht in Abrede stellt. Sein eigener Versuch ist aber nicht minder richtig, nur dass es sich dabei nicht darum handelt, dass der Muskel durch die Quetschung negativ polarisirbar wird, denn dies ist er schon

[1] Untersuchungen aus dem physiologischen Institut der Universität Halle. 1888. 4. S. 29.
[2] A. a. O. S. 39.

vorher, sondern um Erhöhung der schon vorhandenen negativen Polarisirbarkeit durch das Hinzutreten einer neuen Art von negativer Polarisation. Um ihn sicher anzustellen, muss man also natürlich zuerst sich vergewissern, dass ohne die Quetschung bei der angewandten Stromdichte und Schliessungszeit negative Polarisation nicht oder nur in einem bestimmten, geringen Maasse stattfindet, wofür sich wegen der verschiedenen Empfänglichkeit der Muskeln keine allgemein gültige Regel aufstellen lässt (vergl. II. I. *1*. S. 1165). Dann führt man die Quetschung aus. Dadurch wird gewöhnlich das Gleichgewicht etwas gestört; mittels des Compensators oder einer angemessenen seitlichen Verschiebung der Schneiden in der dem hervorgetretenen Strom entgegengesetzten Richtung stellt man es wieder her, und sendet nunmehr den Strom, welcher vorher keine oder unbeträchtliche Polarisation erzeugte, von Neuem hindurch. Bei dieser Versuchsweise und bei beiden Richtungen des polarisirenden Stromes fand ich nun in der That an entnervten Sartorien die Polarisation, wenn auch nicht immer, doch zuweilen deutlich verstärkt, wovon zwei Beispiele folgen. Die Lage der Bussolschneiden war das *D* unserer früheren Bezeichnungsweise (II. I. *1*. S. 1148), welcher auch alles Übrige entspricht.

Sartorii.

I.

↑24 ↑v 5′ (75) : ↓9; P = − 33.

Nach 10′ nur noch

↓18 ↓" 5′ (80) : ↓30; P = + 12;

also Polarisation = Null zu schätzen.
Nun Quetschung.
Das Gleichgewicht bleibt fast ungestört.

↓8 ↓" 5′ (80) : ↑50; P = − 58.

Nach 5′ nur noch

↑26 ↑" 5′ (92) : ↓68; P = − 94.

Nach 5′ nur noch

↓66 ↓" 5′ (88) : ↑63; P = − 129.

II.

↓91 ↓v 5′ (105) : ↓22; P = − 69.

↓22 ↑" 5′ (—) ↑22; P = + 44;

Polarisation also unsicher. Nun Quetschung.

↑23 ↑" 5′ (97) : ↑9; P = − 32.

Nach 5 Minuten

↑9 ↓" 5′ (101) : ↑75; P = − 66.

Nach 5 Minuten

↑69 ↑" 5′ (105) : ↓12; P = − 81.

↓12 ↓" 5′ (101) : ↑102; P = − 114.

↑104 ↑" 5′ (107) : ↓33; P = − 137.

Die Zunahme der Polarisation bei mehrmaliger Wiederholung des Versuches scheint ein beständiger Zug der Erscheinung zu sein.

Es stieg mir der Verdacht auf, dass die Wirkung der Quetschung vielleicht nur auf Vermehrung der Stromdichte an der gequetschten Stelle beruhe. Um dies zu prüfen, versuchte ich die Stelle auszuschneiden, und nach aneinandergerückten Schnittflächen die Durchströmung zu wiederholen. Der Muskel wurde auf gefirnisstem Kork mit Igelstacheln festgesteckt. Da er nach der Zerschneidung nicht mehr gespannt werden konnte, wurde auch seine zu quetschende, dann auszuschneidende Mitte jederseits durch zwei Stacheln fixirt.

Sartorius.

↓23 ↓VIII 5′ (130): ↓29; $P = +6$.

Also keine Polarisation. Nun Quetschung.

↑40 ↑ · 5′ (132): ↓15; $P = -55$.

Nach kurzer Zeit nur noch

↓12 ↓ · 5′ (129): ↑42; $P = -54$.

Die gequetschte Stelle ausgeschnitten, die Schnittflächen aneinander gerückt.

↑70 ↑ · 5′ (143): ↓58; $P = -128$.

↓ · 5′ (121): ↑85; $P = -143$.

Wie man sieht, bleibt nach dem Ausschneiden die Polarisation nicht bloss bestehen, sondern erscheint sogar sehr verstärkt. Die Meinung war somit widerlegt, als ob grössere Dichte in der gequetschten Stelle die Ursache der Verstärkung der Polarisation durch die Quetschung sei. Dagegen ergab sich nunmehr hieraus eine Form des Bernstein'schen Versuches, welche vor der ursprünglichen vielleicht den Vorzug verdient. Der Sartorius, wie oben befestigt, wird, ohne ihn erst zu zerquetschen, zwischen den beiden Paaren seine Mitte fixirender Stacheln mit einem Rasirmesser durchschnitten, und die beiden Schnittflächen werden miteinander in möglichst innige Berührung gebracht. Damit dies gelinge, muss der Muskel natürlich völlig schlaff sein; mit Rücksicht auf eine frühere Erörterung (II. I. *1*. S. 154) verdient bemerkt zu werden, dass er dessen ungeachtet vor dem Schnitt durchaus keine besondere Polarisirbarkeit zeigte.

Sartorii.

I.

↑10 ↑V 5′ (97): ↓ 2; $P = -12$.

Nach einiger Zeit durch Depolarisation und Veränderung des Muskelstroms

↑25 ↓ · 5′ (98): ↑ 57; $P = -32$.

Nun Schnitt.

↑19 ↑ · 5′ (88): ↓107; $P = -126$.

↓ · 5′ (86): ↑ 82; $P = -189$.

II.

Ohne Schnitt keine Polarisation. Nun Schnitt.

↑34 ↑ · 5′ (105): ↓111; $P = -145$.

↓ · 5′ (98): ↑ 93; $P = -204$.

III.

Ohne Schnitt keine Polarisation. Nun Schnitt.

↑21 ↑III 5′ (59): ↓ 86; $P = -107$.

↓ · 5′ (52): ↑ 98; $P = -184$.

(Fortgesetzt auf S. 677).

Es kann demnach kein Zweifel daran sein, dass eine Schicht abgestorbener Muskelsubstanz zwischen lebender Substanz nach Art einer metallischen Zwischenplatte in einem Elektrolyten negative Polarisation annimmt. Innere negative Polarisation der abgestorbenen Substanz kann dies nicht sein, vielmehr muss die Polarisation, wie schon Hr. Bernstein es aussprach, an der Grenze der todten und der lebenden Substanz ihren Sitz haben; da dann verschiedene Möglichkeiten obwalten. Sie kann entweder nur an einer von den beiden Grenzflächen stattfinden, oder aus zwei Polarisationen sich zusammensetzen, einer beim Eintritt des Stromes in die todte Substanz und einer

beim Austritt daraus; diese beiden Polarisationen können gleichsinnig oder entgegengesetzt sein, und überdies gleich oder verschieden stark. Hier greift Hrn. Hermann's oben erwähnte Erfahrung ein, wonach der Strom vom künstlichen Querschnitt zum natürlichen Längsschnitt stärkere negative Polarisation erzeugt, als der entgegengesetzte. Hr. Hermann glaubt, wie gesagt, selber nicht recht an dies Ergebniss, und in der That ist seine Versuchsanordnung mit zwei Muskeln, Doppelelektroden und Poggendorff'scher Umschaltung schwer nach allen Richtungen controlirbar. Die folgende Anordnung gewährt, wenn ich nicht irre, grössere Sicherheit. Sie besteht darin, die beiden Enden eines entnervten Sartorius in physiologischer Steinsalzlösung von 50° abzutödten, ihm bei abgerückten Bussolschneiden den polarisirenden Strom durch die todten Strecken zuzuführen, nach geöffnetem Säulenkreise die Bussolschneiden wieder anzulegen und den Polarisationsstrom vom Aequator und abwechselnd von einem Punkte der einen und der anderen todten Strecke abzuleiten. So bleiben bei beiden Richtungen des polarisirenden Stromes alle Umstände unverändert, bis auf den, dessen Einfluss erkannt werden soll, nämlich den Sinn, in welchem die Grenze zwischen lebender und todter Substanz überschritten wird.

Sartorius mit verbrühten Enden.

	O		*U*
	190 →	*III*	← 163
	10′)	⟶	(73)
	147 →		← 190
P_1	− 43	>	− 27
	150 →		← 177
	15′	⟵	((72)
	174 →		← 88
P_2	− 24	<	− 89
	158 →		← 95
	20′)	⟶	(—)
	54 →		← 184
P_3	− 104	>	− 89
	35 →		← 145
	20′	⟵	((61)
	97 →		← 15
P_4	− 62	<	− 130
	90 →		← 19
	20′)	⟶	(56)
	25 →		← 109
P_5	− 65	<	− 90

Die Zahlen unter *O* sind die elektromotorischen Kräfte am oberen, die unter *U* die am unteren thermischen Querschnitt. Der Strom war so schwach gewählt (drei Grove), dass er keine merkliche innere negative Polarisation erzeugte. Wie man sieht, ist in den vier ersten Versuchen stets die Polarisation auf der Seite stärker, wo der polarisirende und der Muskelstrom gleiche Richtung haben; erst beim fünften Wechsel trübt sich die Erscheinung, wie dies bei öfterer Wiederholung von Polarisationen wohl vorkommt. Der Versuch lehrt zugleich, dass in Bezug auf diese Art der Polarisation der mechanische und der thermische Querschnitt sich ähnlich verhalten.

Wegen der am künstlichen Querschnitt stattfindenden Polarisation konnte der Versuch über Polarisirbarkeit einer Sehnenhaut (s. oben S. 644) nicht mit einem Schlitz in einem Muskel, sondern musste mit einem Thonphantom angestellt werden.

Soweit wäre diese Angelegenheit aufgeklärt. Sie bietet aber noch eine Dunkelheit, vor der ich bisher rathlos stehen geblieben bin. Sobald

festgestellt ist, dass eine Quetschung oder ein Schnitt der Sitz negativer Polarisation wird, erscheint es als eine unausweichliche Folge, dass eine zweite Quetschung, ein zweiter Schnitt bei gleicher Stärke des polarisirenden Stromes die Kraft der Polarisation verdoppeln, eine dritte ähnliche Verletzung sie verdreifachen müsse u. s. f., gerade wie in einem Satze metallischer Zwischenplatten die Polarisation mit der Zahl der Platten wächst. Ich habe aber zu meinem Erstaunen gefunden, dass dies nicht der Fall ist. Der Versuch III oben S. 675 wurde in der Weise fortgesetzt, dass in einigen Millimetern Entfernung vom ersten Schnitt ein zweiter angelegt wurde.

Nach dem neuen Schnitt: ↑34.

↑ III 5′ (59): ↓86; P — 120.

↓ „ 5′ (57): ↑68; P — 154.

Obschon der aufsteigende Strom in unveränderter, der absteigende in etwas erhöhter Stärke einwirkte, war die Polarisation statt verdoppelt, im ersten Falle nur um $^1/_8$ stärker, im zweiten aber sogar um $^1/_6$ schwächer. Bei diesem Versuche konnte man sich denken, dass vielleicht die kurze Strecke zwischen den beiden Schnitten schon abgestorben war. Ich stellte daher einen anderen Versuch in der Art an, dass ich die Bussolschneiden den Säulenschneiden so nahe wie möglich, und die beiden Schnitte wiederum den Bussolschneiden so nahe, also von einander so weit wie möglich anlegte.

Sartorius ohne Schnitt.

↓31 ↓ III 5′ (69): ↑50; $P = -19$.

↑ „ 5′ (72): ↑25; $P = -25$.

Nur schwache innere negative Polarisation.

Erster Schnitt.

↑19 ↓ „ 5′ (58): ↑163; $P = -144$.

↑ „ 5′ (55): ↓ 5; $P = -168$.

Zweiter Schnitt.

↓14 ↓ „ 5′ (50): ↑120; $P = -134$.

↑ „ 5′ (50): ↓ 34; $P = -154$.

Die Stromstärke nach dem zweiten Schnitt ist kleiner als nach dem ersten; doch ist nicht daran zu denken, dass deshalb die Polarisation, wenn sie bei gleicher Stromstärke verdoppelt erschienen wäre, im Mittel um $^1/_{13}$ schwächer ausfiel. Auch von der öfteren Wiederholung der Polarisation kann dies nach anderen Erfahrungen nicht herrühren. Die lange Strecke zwischen den beiden Schnitten konnte auch in diesem Falle unmöglich abgestorben sein. Eher wäre Dauererregung der Strecke zu vermuthen, da es dann nicht bedeutungslos wäre, dass an der Grenze einer in Dauererregung begriffenen und einer abgestorbenen Strecke keine Polarisation stattfände. Doch war von solcher Erregung dem Auge nichts bemerkbar, und so muss die Aufklärung dieses Dunkels ferneren Versuchen anheimgestellt bleiben.

Über die chemische Natur der Turmaline.

Von C. Rammelsberg.

In der Sitzung vom 22. Juli 1850 legte Heinrich Rose der Akademie eine Abhandlung von mir über die Zusammensetzung der Turmaline vor,[1] welche sich über 30 Abänderungen erstreckte, und eine zwar ähnliche, aber nicht gleiche Constitution aller Glieder als Resultat ergab.

Fortgesetzte neue Versuche, seit jener Zeit unternommen, dienten zur Berichtigung der früheren. Neben Fluor entdeckte ich den Gehalt der T. an chemisch gebundenem Wasser, und endlich gelang es mir nach Verlauf von 20 Jahren das erstrebte Ziel zu erreichen und für alle T. die gleiche allgemeine Formel zu finden. Dieses Resultat habe ich der Akademie am 19. Juli 1869 mitgetheilt.[2]

Es lässt sich in wenig Worten aussprechen: Alle T. sind Drittelsilicate, sind isomorphe Mischungen der drei Molecüle.



$$\overset{\prime}{R}{}^6SiO^5 - \overset{\prime\prime}{R}{}^3SiO^5 - \mathbf{R}SiO^5.$$

Es ging hervor einerseits durch Einführung des Wasserstoffs in die Reihe der einwerthigen Alkalimetalle, und andererseits durch die Annahme, Aluminium und Bor seien Vertreter, welche die sechswerthigen Elemente bilden.

Auch diese Arbeit enthält die Analyse von 32 Turmalinen.

In den nun verflossenen 20 Jahren traten vereinzelte Untersuchungen Anderer hervor, welche mit den meinigen im Einklang standen, bis Riggs im Jahre 1888[3] eine Reihe von 20 Analysen amerikanischer T. bekannt machte, und Anfangs 1887 Jannasch und Calb die Resultate von 9 Analysen publicirten.[4]

Riggs behauptet, meine Resultate seien in wesentlichen Punkten unrichtig, namentlich in Betreff des Wassers und der Borsäure. Wie sich aus einer näheren Kritik seiner Arbeit ergeben wird, macht die-

---

[1] Monatsberichte S. 273.
[2] Monatsberichte S. 604.
[3] Am. J. Sc. XXXV. 35.
[4] Ber. d. D. chem. Ges. 22, 216.

selbe den Eindruck, dass dabei die Hand eines geübten Mineralchemikers nicht zu erkennen sei, der die Schwierigkeiten der Aufgabe zu lösen vermag.

Jannasch hat, wie ich glaube, sorgfältig gearbeitet; er hat auch dasselbe allgemeine Resultat wie ich gewonnen; wenn er aber behauptet, die Borsäure im T. sei bislang nicht direct bestimmt worden, so verräth er dadurch, dass er meine Abhandlung[1] nicht kennt, denn in derselben habe ich eine Reihe directer Borsäurebestimmungen mitgetheilt.

Diese neueren Untersucher legen besonderen Werth auf die von ihnen benutzten verbesserten Trennungsmethoden der Bestandtheile und sind sehr geneigt, die älteren Analysen als verbesserungsbedürftig zu betrachten. Wie kommt es dann aber, dass Jannasch z. B. solche mittheilt, welche 1.32 und 1.95 Procent Überschuss aufweisen?

Aber auch die genaueste Analyse einer einzelnen Abänderung hat einen geringeren Werth für die Kenntniss eines Minerals, als eine vergleichende Untersuchung einer ganzen Reihe von Abänderungen, weil selbst die besten Krystalle nicht immer in ihrer ursprünglichen Beschaffenheit und frei von fremden Einschlüssen uns zur Verfügung stehen, und weil nur nach Untersuchung möglichst zahlreicher Vorkommen die störenden Einflüsse und die Fehler einzelner Analysen erkannt und beseitigt werden können, wenn es gilt, für alle einen den chemischen Gesetzen entsprechenden Ausdruck zu finden.

Den zuvor erwähnten neueren Arbeiten reiht sich eine solche von Scharitzer[2] an, welcher drei T. von Schüttenhofen nach ihrem Vorkommen, ihren morphologischen Eigenschaften und ihrer Zusammensetzung beschrieben hat. Bezüglich dieser sei nur bemerkt, dass der (aus dem Verlust berechnete) Gehalt an Borsäure = 7—8 Procent offenbar zu klein ist.

Von den Bestandtheilen der T. verdienen Fluor, Wasser und Borsäure eine besondere Erwähnung.

Fluor. In 19 Abänderungen fand ich 0.15—1.19 Procent dieses Elements; die neueren Angaben gehen von 0.06—1.15 Procent, wobei es auffallen muss, dass der grüne T. aus Brasilien nach Riggs nur 0.14—0.32, nach Jannasch aber 0.98—1.15 Procent Fluor enthält.

Die geringe Menge Fluor, welches nach meiner Ansicht hier wie im Glimmer u. s. w. Sauerstoff ersetzt, ist auf die Rechnung ohne Einfluss.

Wasser. Wie ich gezeigt habe, enthalten alle T. chemisch gebundenes Wasser, welches erst in der Glühhitze entweicht. Aber ich

---

[1] Poggend. Ann. 139, 379 u. 547.
[2] Groth, Zeitschr. 15. 337 (1889).

hatte in jener Zeit kein Mittel, es direct zu bestimmen, weil der Glühverlust durch gleichzeitig entweichende Fluorverbindungen vergrössert wird. In den neueren Arbeiten ist das Wasser direct bestimmt worden, und zwar theils durch Glühen mit wasserfreien Alkalicarbonaten (RIGGS, SCHARITZER), theils mit chromsaurem Blei (JANNASCH). Die erstgenannte Methode dürfte wohl einen etwas zu hohen Wassergehalt ergeben.

Es lässt sich leicht zeigen, dass das fundamentale Atomverhältniss R:Si in meinen Analysen sich nicht wesentlich ändert, mag man den gesammten Glühverlust als Wasser ansehen, oder, wie ich es that, die aus dem Fluor berechnete kleine Menge $SiFl^4$ davon abziehen. Soviel steht fest: Die Menge des Wassers ist etwas kleiner als der Glühverlust.

Borsäure. Diesen charakteristischen Bestandtheil der T. habe ich in 7 Abänderungen nach der von H. ROSE und A. STROMEYER gegebenen Vorschrift als Borfluorkalium bestimmt, und sehr befriedigende Resultate erhalten. RIGGS wandte das Verfahren von GOOCH, JANNASCH das von BODEWIG verbesserte von MARIGNAC an.

So fanden

		B^2O^3
RAMMELSBERG	(7 T.)	9.52—11.64
JANNASCH	(9 T.)	9.09—10.74
RIGGS	(20 T.)	8.92—10.70
Vier Andere	(4 T.)	9.40—10.87

Diese Zahlen sprechen nicht zu Gunsten einer der verschiedenen Methoden, sie beweisen zugleich den fast constanten, nahe 10 Procent betragenden Gehalt der T. an Borsäure.

Die indirecte Bestimmung in 25 meiner Analysen ergibt ebenfalls im Mittel 9.55 Procent, liefert mithin gleichfalls ein der Wahrheit sehr nahekommendes Ergebniss, so dass ich die von RIGGS gegen meine Borsäurebestimmungen ausgesprochene Verdächtigung als vollkommen unbegründet zurückweise.

Aluminium und Bor bilden die sechswerthigen Elemente des T. Ihre Isomorphie erweisen das krystallisirte und das graphitartige Bor. Thonerde und Borsäure sind isomorph, denn der Korund hat die Form des Jeremejeits ($Al^2O^3 + B^2O^3$), und Datolith und Euklas sind gleichfalls isomorphe Drittelsilicate.

Das Atomverhältniss ist B:Al in den T. ist = 1 : 2 (in der grossen Mehrzahl) oder 1 : 3. In manchen scheint es = 1 : 2.5 zu sein.[1]

---

[1] Im grünen T. aus Brasilien ist es nach mir und JANNASCH = 1 : 3, während RIGGS 1 : 2.7 fand.

Die Frage nach der constanten Zusammensetzung der einzelnen Turmaline.

An einem und demselben Fundort finden sich T. von verschiedener Zusammensetzung, die sich schon durch ihre äusseren Merkmale (Farbe) zu erkennen geben. Elba, Chesterfield, Paris, Auburn, Schüttenhofen sind Beweise hierfür. Das Vorkommen rother T. in grünen Krystallen und umgekehrt erinnert an die überwachsenen Krystalle isomorpher Salze. Da wo die Farbe nicht entscheidet, können anscheinend homogene Krystalle in ihren einzelnen Theilen ungleich zusammengesetzt sein, und die Analyse eines T. gewährt keine Sicherheit dafür, dass eine zweite Probe von demselben Fundort genau dieselben Zahlen liefern werde. Derartige Umstände mögen der Grund sein, dass manche T.-Analysen nicht ganz einfache Atomverhältnisse der $\overset{\prime}{\mathrm{R}}$, $\overset{\prime\prime}{\mathrm{R}}$ und $\mathbf{R}$ ergeben.

Abgesehen von solchen, giebt es aber auch zahlreiche T. von den verschiedensten Fundorten, welche durch das constante und einfache Atomverhältniss der R beweisen, dass sie selbständige, einheitliche Verbindungen sind. Dies gilt z. B. von 23 Abänderungen, in welchen $\overset{\prime}{\mathrm{R}}:\overset{\prime\prime}{\mathrm{R}}:\mathbf{R} = 1:1:1.5$ ist.

Resultat der Berechnung der Analysen.

Wenn alle T., wie wir behaupten, Drittelsilicate sind, müssen die At. der R, auf einwerthige reducirt, zum Si $= 6:1$ sein. Dieses Resultat hatte sich aus den eigenen Analysen von 32 Turmalinen ergeben, und findet in der Mehrzahl der neueren seine Bestätigung.

Denn wenn man sämmtliche Analysen in diesem Sinne berechnet, so ergiebt sich bei 55 die Proportion $\overset{\prime}{\mathrm{R}}:\mathrm{Si} = 5.7:1$ bis $6.3:1$. Nur einzelne der neueren zeigen ein grösseres Verhältniss der R, welches bei Riggs sich zuweilen auf 6.5, in einem Fall sogar auf 6.7 erhöht.

Man wird es wohl für höchst unwahrscheinlich halten, dass einige amerikanische T. basischer seien, als alle übrigen, und muss solche Abweichungen den Fehlern der Analysen oder der Beschaffenheit des Materials zuschreiben.

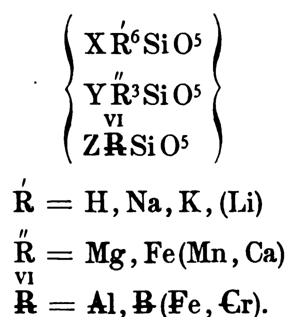
Zur Zeit liegen 70 Analysen der T. von 64 Fundorten vor, also Material in genügender Menge, um über die chemische Natur der Gruppe Aufschluss zu erhalten.

Die hier mitgetheilte Arbeit enthält die Resultate einer erneuten Berechnung des Materials, sowie eigener wiederholter Analysen der T. von Gouverneur, Pierrepont und Windischkappel. Sie hat meine vor 20 Jahren ausgesprochene Behauptung, alle T. seien Drittelsilicate,

vollkommen bestätigt; sie zeigt, dass auch Jannasch zu demselben Resultat gelangt ist, und dass nur etwa die Hälfte der Analysen von Riggs als incorrect bezeichnet werden muss.

In Folge dieser Revision bin ich dazu gelangt, die Glieder der Gruppe in einzelne Reihen zu ordnen, welche durch das Mol.-Verhältniss der drei constituirenden Silicate gebildet werden.

Allgemeine Turmalinformel



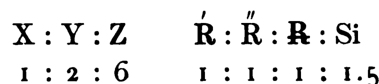
$$\left\{\begin{array}{l} X\overset{\prime}{R}{}^6 Si O^5 \\ Y\overset{\prime\prime}{R}{}^3 Si O^5 \\ Z\overset{VI}{R} Si O^5 \end{array}\right\}$$

$\overset{\prime}{R} = H, Na, K, (Li)$

$\overset{\prime\prime}{R} = Mg, Fe (Mn, Ca)$

$\overset{VI}{R} = Al, B (Fe, Cr).$

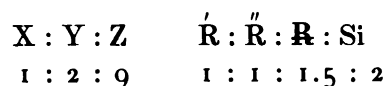
I. Reihe.



X : Y : Z	$\overset{\prime}{R} : \overset{\prime\prime}{R} : \overset{VI}{R}$: Si
1 : 2 : 6	1 : 1 : 1 : 1.5

Hierher gehört der schöne braune fast eisenfreie Magnesia-T. von Gouverneur, den ich kürzlich von neuem untersucht habe. Eine derbe Abänderung von diesem Fundort, und zwei ähnliche von Dekalb, N. Y., und von Hamburgh, N. J., sämmtlich von Riggs analysirt (der letztgenannte offenbar nicht rein), reihen sich an, während nur ein einziger eisenhaltiger T., von Pierrepont, gleichfalls kürzlich von mir untersucht, in diese Reihe gehört.

II. Reihe.

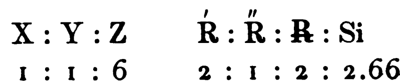


X : Y : Z	$\overset{\prime}{R} : \overset{\prime\prime}{R} : \overset{VI}{R}$: Si
1 : 2 : 9	1 : 1 : 1.5 : 2

Sie umfasst 23 Repraesantanten, von denen ich 18 untersucht habe. Ausser dem gleichfalls neuerlich von mir analysirten brauen fast eisenfreien T. von Windischkappel sind es braunschwarze oder schwarze Abänderungen, in welchen Fe : Mg = 1 : 7 bis 7.5 : 1 variirt.

In diesen beiden Reihen ist B : Al = 1 : 2.

III. Reihe.



X : Y : Z	$\overset{\prime}{R} : \overset{\prime\prime}{R} : \overset{VI}{R}$: Si
1 : 1 : 6	2 : 1 : 2 : 2.66

Hier sind 15 schwarze oder blauschwarze, öfter blau durchscheinende T. zusammengestellt, welche ziemlich eisenreich sind, da Fe : **Mg** = 1 : 1 bis 14 : 1 variirt.

In der Mehrzahl scheint B : Al = 1 : 2.5, zuweilen = 1 : 3, und = 1 : 2 zu sein,

IV. Reihe.

X : Y : Z	$\overset{\prime}{R} : \overset{\prime\prime}{R} : \mathbf{R} : Si$
1 : 1 : 9	2 : 1 : 3 : 3.66

Einzig und allein der Chrom-T. von Syssersk ist hierher zu stellen, in welchem Fe : Mg = 1 : 3 und Cr : B : Al = 1 : 2 : 4 sind.

V. Reihe.

X : Y : Z	$\overset{\prime}{R} : \overset{\prime\prime}{R} : \mathbf{R} : Si$
3 : 1 : 18	6 : 1 : 6 : 7.33

Dies sind die grünen T., von denen 12 Analysen, darunter 5 von brasilianischen vorliegen. Während B:Al in den Abänderungen von Elba, Paris, Schüttenhofen und nach mir und Jannasch in den brasilianischen = 1 : 3 ist, giebt Riggs in diesen, und in denen von Auburn und Rumford 1 : 2.5 — 1 : 2.7 an.

VI. Reihe.

X : Y : Z	$\overset{\prime}{R} : \overset{\prime\prime}{R} : \mathbf{R} : Si$
3 : 1 : 27	6 : 1 : 9 : 10.33

Nur der rothe T. von Schaitansk, welcher statt Eisen Mangan enthält, während B : Al = 1 : 3 ist, lässt sich hierher stellen.

VII. Reihe.

X : Y : Z	$\overset{\prime}{R} : \overset{\prime\prime}{R} : \mathbf{R} : Si$
6 : 1 : 36	12 : 1 : 12 : 14.33

Der rothe T. von Paris, von mir, und ein grünlicher von Auburn, von Riggs untersucht. Ersterer ist frei von Eisen. B:Al ist in ihm = 1 : 3, im letzten angeblich = 1 : 2.67.

VIII. Reihe.

X : Y : Z	$\overset{\prime}{R} : \overset{\prime\prime}{R} : \mathbf{R} : Si$
9 : 1 : 54	18 : 1 : 18 : 21.33

Der rothe T. von Schüttenhofen und ein röthlicher bis farbloser aus Brasilien, beide ein wenig Fe neben Mn und Ca enthaltend, B : Al ist in beiden = 1 : 3.

Wahrscheinlich gehört hierher auch der rothe T. von Rozena, welcher jedoch theilweise in Lithionglimmer verwandelt ist.

IX. Reihe.

X : Y : Z	$\overset{\prime}{R} : \overset{\prime\prime}{R} : \mathfrak{R}$: Si
15 : 1 : 90	30 : 1 : 30 : 35.33

Der blassrothe und farblose T. von Elba und ein derber von Rumford bilden diese an $\overset{\prime\prime}{R}$ ärmste Reihe. Auch hier ist B : Al = 1 : 3.

Die Zahlen der letzten Reihen, deren jede nur wenige Glieder enthält, können willkürlich gewählt erscheinen; die Analysen vermögen nicht zu entscheiden, ob andere naheliegende richtiger sind. Allein sie gestatten, zwischen allen einzelnen Reihen gewisse Beziehungen zu erkennen; denn da X : Z stets entweder = 1 : 6 oder = 1 : 9 ist, so wird

I. (X + 6Z) + 2Y	II. (X + 9Z) + 2Y
III. (X + 6Z) + Y	IV. (X + 9Z) + Y
V. 3(X + 6Z) + Y	VI. 3(X + 9Z) + Y
VII. 6(X + 6Z) + Y	
VIII. 9(X + 6Z) + Y	
IX. 15(X + 6Z) + Y.	

Meine vor 20 Jahren abgeschlossene Arbeit erfährt durch die neueren keine Änderung. Jannasch ist genau zu demselben Resultat gelangt, und etwa die Hälfte der Analysen von Riggs entspricht demselben; dennoch haben gerade die minder correcten Angaben des Letzteren neuerlich Anlass gegeben, Turmalinformeln zu construiren, und alle übrigen Versuche (worunter 38 von mir) gleichsam als nicht vorhanden zu betrachten. Solche Formeln, auf unrichtige Thatsachen gegründet und das Gesetz der multiplen Proportionen ausser Acht lassend, wie sie von Wülfing, Scharitzer und V. Goldschmidt vorgeschlagen sind, haben keinen wissenschaftlichen Werth.

Übersicht der Turmalinreihen.

$\overset{\prime}{R}$: Si ist das gefundene Verhältniss sämmtlicher R, auf einwerthige reducirt, zum Si.

Fe schliesst Mn, Mg schliesst Ca ein.

Abkürzung der Autornamen:

C. Cossa	Rs. Riggs
E. Engelmann	Sa. Scharitzer
J. Jannasch	So. Sommerlad
R. Rammelsberg	Sw. Schwarz

I. X : Y : Z = 1 : 2 : 6

			$\overset{\prime}{R}$: Si	Fe : Mg
1.	Gouverneur	R.	5.95 : 1	0
	»	Rs.	6.03	0
2.	Dekalb	Rs.	6.4	0
3.	Hamburgh	Rs.	6.7	0
4.	Pierrepont	R.	6.0	1 : 2.33
	»	Rs.	6.2	

II. X : Y : Z = 1 : 2 : 9

			$\overset{\prime}{R}$: Si	Fe : Mg
5.	Windischkappel	R.	6.1 : 1	0
6.	Orford	R.	5.9	1 : 7
	»	Rs.	6.4	
7.	Zillerthal	R.	6.08	1 : 6
8.	Texas	R.	5.9	
9.	Eibenstock	R.	5.9	
10.	Monroe	R.	6.06	1 : 5
	»	Rs.	6.1	
11.	Godhaab	R.	5.8	1 : 4
12.	Havredal	R.	6.0	1 : 2.5
13.	Snarum	J.	6.2	
14.	Ohlapian	J.	6.3	1 : 2.66
15.	Gotthard	R.	5.84	1 : 2
16.	Nantic Gulf	Rs.	6.4	
17.	Tamatawe	J.	5.8	1 : 2
18.	Haddam	R.	5.8	
	»	Rs.	6.3	1.5 : 1
19.	Ramfossen	R.	5.8	1 : 1.5
20.	Elba, schwarz	R.	5.6	1 : 1.25
21.	Unity	R.	5.9	1 : 1
22.	Krummau	R.	6.0	1.5 : 1
23.	Langenbielau	R.	5.8	
24.	Dekalb	R.	5.8	2 : 1
25.	Bovey Tracy	R.	5.9	3 : 1
26.	Krumbach	R.	6.0	3.5 : 1
27.	Andreasberg	R.	6.0	7.5 : 1

			R' : Si	Fe : Mg

III. X : Y : Z = 1 : 1 : 6

28.	Tamaya	Sw.	6.2 : 1	
29.	Stony Point	Rs.	6.4	1 : 1
30.	Mount Bischoff	So.	6.0	
31.	Piedra blanca	J.	6.4	1.5 : 1
32.	Brasilien, schwarz	Rs.	6.4	3.5 : 1
33.	Paris, schwarz	Rs.	6.3	
34.	S. Pietro, Elba, schwarz	R.	5.9	4 : 1
35.	Mursinsk	J.	6.3	
36.	Alabaschka	J.	6.3	
	»	R.	5.8	5 : 1
37.	Sarapulsk	R.	5.8	
38.	Saar	R.	6.0	
39.	Auburn, schwarz	Rs.	6.5	6.5 : 1
40.	Schüttenhofen, blauschwarz..	Sa.	6.2	9 : 1
41.	Goshen	R.	6.2	11 : 1
42.	Buchworth	J.	6.1	14 : 1

IV. X : Y : Z = 1 : 1 : 9

43.	Syssersk	C.	6.07 : 1	1 : 3

V. X : Y : Z = 1 : 1 : 18
(Grüne Turmaline.)

44.	Paris	R.	6.0 : 1	1.3 : 1
45.	Campo longo	E.	5.74	3 : 1
46.	Elba	R.	6.1	5 : 1
47.	Brasilien	R.	6.0	
48.	» I................	J.	6.1	4 : 1
49.	» II	J.	6.1	
50.	» , blass	Rs.	6.3	
51.	» , olivengrün.......	Rs.	6.3	6 : 1
52.	Auburn, hell.............	Rs.	6.3	
53.	» , dunkel...........	Rs.	6.3	16 : 1
54.	Rumford	Rs.	6.3	0
55.	Schüttenhofen.............	Sa.	6.3	
56.	Chesterfield	R.		

			$\overset{\prime}{R}$: Si	Fe : Mg
	VI. X : Y : Z = 3 : 1 : 27.			
57.	Schaitansk, roth	R.	6.2 : 1	1 : 2.5
	VII. X : Y : Z = 6 : 1 : 36.			
58.	Paris, roth	R.	6.3 : 1	1.5 : 1
59.	Auburn, grünlich	Rs.	6.2	5 : 1
	VIII. X : Y : Z = 9 : 1 : 54.			
60.	Schüttenhofen, roth	SA.	6.08 : 1	1 : 1
61.	Brasilien, röthlich	Rs.	6.5	2 : 1
62.	Rozena, roth	R.		
	IX. X : Y : Z = 15 : 1 : 90.			
63.	Elba, röthlich und farblos	R.	6.1 : 1	2.5 : 1
64.	Rumford, roth	Rs.	6.5	1 : 1.5

Meine Arbeit hatte den Zweck, die eigenen Analysen mit den neueren, insbesondere denen von Jannasch und Riggs, zu vergleichen. Ich habe jenen einige neue Versuche mit den T. von Gouverneur, Windischkappel und Pierrepont hinzugefügt.

Es hat sich ergeben, dass meine vor 20 Jahren ausgesprochene Behauptung, alle T. seien Drittelsilicate, volle Bestätigung findet, der auch Jannasch in einer Formel Ausdruck gegeben hat.

Leider haben diejenigen Analysen von Riggs (es sind ihrer 9, in welchen $\overset{\prime}{R}$:Si von 6.4 : 1 bis 6.7 : 1 differirt), welche etwa 60 anderen gegenüber stehen, mit vollständiger Ignorirung dieser, Anlass gegeben, Turmalinformeln zu bilden, welche von unrichtigen Thatsachen ausgehen, und den auch für die Silicate geltenden chemischen Gesetzen keine Rechnung tragen. Die von Wülfing, Scharitzer und V. Goldschmidt in dieser Richtung gemachten Annahmen haben deshalb keinen wissenschaftlichen Werth.

Die ausführliche Arbeit mit den Berechnungen sämmtlicher Analysen wird in den Abhandlungen der Akademie erscheinen.

Ausgegeben am 19. Juni.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1890.

XXXI.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

---

19. Juni. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Curtius.

Hr. von Bezold las eine Abhandlung: Zur Theorie der Cyklonen.

Die Mittheilung erfolgt in einem späteren Hefte der Sitzungsberichte.

Vom vorgeordneten Ministerium ist am 10. Juni ein weiterer Zuschuss von 3000 Mark für die Publication der antiken Münzen von Moesien, Thracien und Macedonien bewilligt.

Über orthogonale Systeme.

Von L. Kronecker.

(Fortsetzung der Mittheilung vom 22. Mai [St. XXVI und XXVIII.])

VI.

Die Behandlung von Systemen (τ_{ik}), welche so beschaffen sind, dass $\tau_{ik} = -\tau_{ki}$ ist, kann dadurch ersetzt werden, dass man ein System von unbestimmten Variabeln v_{ik} im Sinne der Congruenz für das Modulsystem mit den $\frac{1}{2}n(n+1)$ Elementen:

$$(\mathrm{M}_v) \qquad v_{ii},\ v_{ik}+v_{ki} \qquad (i,k=1,2,\ldots n;\ i<k)$$

behandelt.

Da die Determinante des Systems (v_{ik}), welche mit V bezeichnet werden möge, ungeändert bleibt, wenn man in jeder der Variabeln v_{ik} die beiden Indices mit einander vertauscht, so erhält sie den Factor $(-1)^n$, wenn man $-v_{ki}$ für v_{ik} setzt. Für das Modulsystem (M_v) ist daher $V \equiv (-1)^n V$, also:

$$(45) \qquad V \equiv 0,$$

wenn n ungerade ist. Es sei nun (V_{ik}) das zu (v_{ik}) adjungirte System, so dass die Gleichungen bestehen:

$$\sum_{i=1}^{i=n} v_{hi} V_{ik} = \sum_{i=1}^{i=n} v_{ih} V_{ki} = \delta_{hk} V \qquad (h,k=1,2,\ldots n).$$

Die mit V_{ki} bezeichnete Function der Variabeln v entsteht aus V_{ik}, indem man in jeder der Variabeln v_{ik} die beiden Indices mit einander vertauscht, d. h. also indem man v_{ik} durch v_{ki} ersetzt. Substituirt man aber $-v_{ki}$ für v_{ik}, so geht V_{ki} in $(-1)^{n-1} V_{ik}$ über. Es besteht daher für das Modulsystem (M_v) die Congruenz:

$$V_{ki} \equiv (-1)^{n-1} V_{ik} \qquad (i,k=1,2,\ldots n)$$

oder:

$$(45') \qquad \frac{\partial V}{\partial v_{ki}} \equiv (-1)^{n-1} \frac{\partial V}{\partial v_{ik}} \qquad (i,k=1,2,\ldots n),$$

und folglich für gerade Zahlen n:

(46) $$V_{ii} = \frac{\partial V}{\partial v_{ii}} \equiv 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots n).$$

Wird in der Gleichung (45') die Determinante $n$ter Ordnung V durch die Determinante $(n-1)$ter Ordnung $\frac{\partial V}{\partial v_{hh}}$ ersetzt, so resultirt die Congruenz:

(47) $$\frac{\partial^2 V}{\partial v_{hh}\partial v_{ik}} \equiv (-1)^n \frac{\partial^2 V}{\partial v_{hh}\partial v_{ki}} \qquad (h, i, k = 1, 2, \ldots n).$$

Nimmt man nun n als gerade an, so erschliesst man mit Benutzung der Congruenzen (46) und (47) aus der Determinantenrelation:

$$\frac{\partial^2 V}{\partial v_{hh}\partial v_{ii}} \cdot \frac{\partial^2 V}{\partial v_{hh}\partial v_{kk}} - \frac{\partial^2 V}{\partial v_{hh}\partial v_{ik}} \cdot \frac{\partial^2 V}{\partial v_{hh}\partial v_{ki}} = \frac{\partial V}{\partial v_{hh}} \cdot \frac{\partial^3 V}{\partial v_{hh}\partial v_{ii}\partial v_{kk}}$$
$$(h, i, k = 1, 2, \ldots n;\ h \gtrless i,\ h \gtrless k)$$

die Congruenz:

(48) $$\frac{\partial^2 V}{\partial v_{hh}\partial v_{ii}} \cdot \frac{\partial^2 V}{\partial v_{hh}\partial v_{kk}} \equiv \left(\frac{\partial^2 V}{\partial v_{hh}\partial v_{ik}}\right)^2 \qquad \left(\begin{matrix} h, i, k = 1, 2, \ldots n \\ h \gtrless i,\ h \gtrless k \end{matrix}\right).$$

Setzt man ferner voraus, dass die Determinanten $(n-2)$ter Ordnung:

(49) $$\frac{\partial^2 V}{\partial v_{hh}\partial v_{ii}} \qquad (h, i = 1, 2, \ldots n;\ h \gtrless i)$$

Quadraten congruent sind, und bezeichnet man diese mit $\mathfrak{B}_{hi}^2$, so nimmt die Congruenz (48) die Gestalt an:

$$\mathfrak{B}_{hi}^2 \mathfrak{B}_{hk}^2 \equiv \left(\frac{\partial^2 V}{\partial v_{hh}\partial v_{ik}}\right)^2 \qquad \left(\begin{matrix} h, i, k = 1, 2, \ldots n \\ h \gtrless i,\ h \gtrless k \end{matrix}\right),$$

und da (M_r) ein Primmodulsystem ist, so muss bei geeigneter Bestimmung der Vorzeichen von $\mathfrak{B}_{hi}, \mathfrak{B}_{hk}$ die Congruenz stattfinden:

$$\mathfrak{B}_{hi}\mathfrak{B}_{hk} \equiv \frac{\partial^2 V}{\partial v_{hh}\partial v_{ik}} \qquad \left(\begin{matrix} h, i, k = 1, 2, \ldots n \\ h \gtrless i,\ h \gtrless k \end{matrix}\right).$$

Macht man hiervon, sowie von den Congruenzen:

$$v_{hh} \equiv 0,\ v_{ih} \equiv -v_{hi} \qquad (h, i = 1, 2, \ldots n;\ h \gtrless i)$$

in der Darstellung der Determinante V:

$$V = \frac{\partial V}{\partial v_{hh}} v_{hh} - \sum_{i,k} \frac{\partial^2 V}{\partial v_{hh}\partial v_{ik}} v_{ih} v_{hk} \qquad \left(\begin{matrix} h, i, k = 1, 2, \ldots n \\ h \gtrless i,\ h \gtrless k \end{matrix}\right)$$

Gebrauch, so erhält man die Congruenz:

$$V \equiv \sum_{i,k} \mathfrak{B}_{hi}\mathfrak{B}_{hk} v_{hi} v_{hk} \qquad \left(\begin{matrix} h, i, k = 1, 2, \ldots n \\ h \gtrless i,\ h \gtrless k \end{matrix}\right),$$

welche, wenn zur Abkürzung:

$$\sum_i \mathfrak{V}_{hi} v_{hi} = \mathfrak{V} \qquad (h, i = 1, 2, \ldots n;\ h \gtrless i)$$

gesetzt wird, in folgende übergeht:

(50) $$V \equiv \mathfrak{V}^2 (\text{modd. } v_{ii}, v_{ik} + v_{ki}) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n).$$

Auf diese Weise folgt aus der Voraussetzung, dass die Determinanten $(n-2)$ter Ordnung (49) Quadraten congruent sind, eben dieselbe Eigenschaft für die Determinante $n$ter Ordnung V, und da diese Eigenschaft den Determinanten zweiter Ordnung offenbar zukommt, so ist sie für Determinanten jeder geraden Ordnung erwiesen.

Die Congruenz (50) drückt aus, dass eine Gleichung besteht:

$$V = \mathfrak{V}^2 + \sum_i v_{ii} \Phi_{ii} + \sum_{i,k} (v_{ik} + v_{ki}) \Phi_{ik} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n;\ i < k),$$

in welcher Φ_{ii}, Φ_{ik} ganze Grössen des aus den n^2 Elementen:

$$v_{ik} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

gebildeten Rationalitätsbereichs bedeuten. Differentiirt man diese Gleichung nach einem Element v_{gh}, bei welchem $g < h$ ist, so kommt:

$$\frac{\partial V}{\partial v_{gh}} = 2\mathfrak{V} \frac{\partial \mathfrak{V}}{\partial v_{gh}} + \sum_i v_{ii} \frac{\partial \Phi_{ii}}{\partial v_{gh}} + \sum_{i,k} (v_{ik} + v_{ki}) \frac{\partial \Phi_{ik}}{\partial v_{gh}} + \Phi_{gh},$$
$$(i, k = 1, 2, \ldots n,\ i < k)$$

und die Differentiation nach v_{hg} ergiebt das Resultat:

$$\frac{\partial V}{\partial v_{hg}} = 2\mathfrak{V} \frac{\partial \mathfrak{V}}{\partial v_{hg}} + \sum_i v_{ii} \frac{\partial \Phi_{ii}}{\partial v_{hg}} + \sum_{i,k} (v_{ik} + v_{ki}) \frac{\partial \Phi_{ik}}{\partial v_{hg}} + \Phi_{gh}.$$
$$(i, k = 1, 2, \ldots n;\ i < k)$$

Aus der Vergleichung der beiden Differentiationsresultate folgt also die Congruenz:

$$\frac{\partial V}{\partial v_{gh}} \equiv \frac{\partial V}{\partial v_{hg}} (\text{modd. } \mathfrak{V}, v_{ii}, v_{ik} + v_{ki}) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n);$$

da aber andererseits vermöge der Congruenz (45′), und weil n eine gerade Zahl ist:

$$\frac{\partial V}{\partial v_{gh}} \equiv -\frac{\partial V}{\partial v_{hg}} (\text{modd. } v_{ii}, v_{ik} + v_{ki}) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

sein muss, so resultirt die Congruenz:

(51) $$\frac{\partial V}{\partial v_{gh}} \equiv 0 \ (\text{modd. } \mathfrak{V}, v_{ii}, v_{ik} + v_{ki}) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

in welcher n eine gerade Zahl und $\mathfrak{V}$ eine durch die Congruenz (50) definirte Grösse des Bereichs der Elemente v_{ik} bedeutet. Die Bedingung $g \gtrless h$, welche in Folge der Herleitung hinzugefügt werder müsste, kann mit Rücksicht auf die schon oben abgeleitete Congruenz (46) weggelassen werden.

Es sei nunmehr n ungerade. Alsdann muss gemäss der Congruenz (50), da $n-1$ grade ist, die Hauptsubdeterminante $(n-1)$ter Ordnung $\frac{\partial V}{\partial v_{ll}}$ für das Modulsystem (M_v) einem Quadrate $\mathfrak{V}_{ll}^2$ congruent sein. Es muss ferner, gemäss der Congruenz (51), wenn darin V durch $\frac{\partial V}{\partial v_{ll}}$ und $\mathfrak{V}$ durch $\mathfrak{V}_{ll}$ ersetzt wird, die Congruenz stattfinden:

$$\frac{\partial^2 V}{\partial v_{ll}\,\partial v_{gh}} \equiv 0 \;(\text{modd. } \mathfrak{V}_{ll},\, v_{ii},\, v_{ik}+v_{ki}) \qquad \begin{pmatrix} i,k=1,2,\ldots n \\ g \gtrless h \end{pmatrix}.$$

Wird hiervon in der Identität:

$$\sum_{h=1}^{h=n} \frac{\partial^2 V}{\partial v_{ll}\,\partial v_{gh}} v_{lh} = -\frac{\partial V}{\partial v_{gl}}$$

Gebrauch gemacht, so resultirt die Congruenz:

$$\text{(52)} \qquad \frac{\partial V}{\partial v_{gh}} \equiv 0 \;(\text{modd. } \mathfrak{V}_{hh},\, v_{ii},\, v_{ik}+v_{ki}) \qquad (i,k=1,2,\ldots n),$$

in welcher n eine ungerade Zahl und sowohl g als auch h irgend eine beliebige der Zahlen $1, 2, \ldots n$ bedeutet.

Bezeichnet man jetzt (für eine beliebige, gerade oder ungerade Zahl n) die durch Differentiation von V nach m Grössen v_{ii} entstehenden Subdeterminanten $(n-m)$ter Ordnung in irgend einer Reihenfolge mit:

$$V_\varkappa^{(m)} \qquad (\varkappa = 1, 2, \ldots \nu_m),$$

ferner mit v eine unbestimmte Variable und mit $V(v)$ die Determinante:

$$|\, v_{ik} + v\delta_{ik} \,| \qquad (i,k=1,2,\ldots n),$$

so wird:

$$\text{(53)} \qquad \begin{aligned} V(v) &= \sum_l v^l \sum_\varkappa V_\varkappa^{(l)} \\ \frac{\partial V(v)}{\partial v_{gh}} &= \sum_l v^l \sum_\varkappa \frac{\partial V_\varkappa^{(l)}}{\partial v_{gh}} \end{aligned} \qquad \begin{pmatrix} \varkappa = 1, 2, \ldots \nu_l \\ l = 0, 1, 2, \ldots n \\ g, h = 1, 2, \ldots n \end{pmatrix}.$$

Nun bestehen, gemäss den Congruenzen (45) und (50) die Relationen:

$$V_\varkappa^{(l)} \equiv 0 \quad \text{oder} \quad V_\varkappa^{(l)} \equiv (\mathfrak{V}_\varkappa^{(l)})^2 \;(\text{modd. } v_{ii},\, v_{ik}+v_{ki}) \qquad (i,k=1,2,\ldots n),$$

je nachdem $n-l$ ungerade oder gerade ist, und es bedeuten dabei $\mathfrak{V}_\varkappa^{(l)}$ ganze Grössen des Bereichs der Elemente v_{ik}. Es ist ferner gemäss der Congruenz (51) für gerade Zahlen $n-l$:

$$\frac{\partial V_\varkappa^{(l)}}{\partial v_{gh}} \equiv 0 \;(\text{modd. } \mathfrak{V}_\varkappa^{(l)},\, v_{ii},\, v_{ik}+v_{ki}) \qquad \begin{pmatrix} g,h,i,k = 1,2,\ldots n;\; g \gtrless h \\ \varkappa = 1, 2, \ldots \nu_l \end{pmatrix}$$

und gemäss der Congruenz (52) für ungerade Zahlen $n-l$:

$$\frac{\partial V_\varkappa^{(l)}}{\partial v_{gh}} \equiv 0 \;(\text{modd.}\, \mathfrak{V}_\lambda^{(l+1)},\; v_{ii},\; v_{ik}+v_{ki}) \qquad \begin{pmatrix} g,h,i,k=1,2,\dots n \\ \varkappa = 1,2,\dots \nu_l \\ \lambda = 1,2,\dots \nu_{l+1} \end{pmatrix}.$$

Setzt man also für ungerade Werthe von $n-l$:

$$\mathfrak{V}^{(l)} = 0,$$

so können die vorstehenden Congruenzen in folgende vereinigt werden:

$$(54)\quad \begin{aligned} V_\varkappa^{(l)} &\equiv (\mathfrak{V}_\varkappa^{(l)})^2 \;(\text{modd.}\, v_{ii},\; v_{ik}+v_{ki}) \\ \frac{\partial V_\varkappa^{(l)}}{\partial v_{gh}} &\equiv 0 \;(\text{modd.}\, \mathfrak{V}_\varkappa^{(l)},\; \mathfrak{V}_\lambda^{(l+1)},\; v_{ii},\; v_{ik}+v_{ki}) \end{aligned} \qquad \begin{pmatrix} g,h,i,k=1,2,\dots n \\ \varkappa = 1,2,\dots \nu_l \\ \lambda = 1,2,\dots \nu_{l+1} \end{pmatrix}.$$

Für das aus den Elementen des Modulsystems (M_v) und aus allen denjenigen Grössen $\mathfrak{V}^{(l)}$ gebildete Modulsystem, bei welchen $l<m$ ist, finden daher, wenn $n-m$ eine gerade Zahl ist, die Congruenzen statt:

$$(55)\quad \begin{aligned} V(v) &\equiv \sum_l v^l \sum_\varkappa (\mathfrak{V}_\varkappa^{(l)})^2 \\ \frac{\partial V(v)}{\partial v_{gh}} &\equiv \sum_l v^{l-1} \sum_\varkappa \frac{\partial V_\varkappa^{(l-1)}}{\partial v_{gh}} \end{aligned} \qquad \begin{pmatrix} \varkappa = 1,2,\dots \nu_l \\ l = m, m+1, \dots n \end{pmatrix}.$$

Da die Grössen $\mathfrak{V}^{(l)}$, für welche $n-l$ ungerade ist, gleich Null sind, so besteht das angegebene Modulsystem, welches mit $(M_v^{(m)})$ bezeichnet werden möge, in Wahrheit nur aus den Elementen:

$$\mathfrak{V}^{(m-2)},\; \mathfrak{V}^{(m-4)},\; \mathfrak{V}^{(m-6)},\; \dots$$

und aus den $\frac{1}{2}n(n+1)$ Elementen:

$$v_{ii},\; v_{ik}+v_{ki} \qquad (i,k=1,2,\dots n;\; i<k).$$

Das in den Congruenzen (55) enthaltene Resultat kann hiernach, wenn $n-m=2\mathfrak{m}$ gesetzt wird, in folgender Weise formulirt werden:

Im Sinne der Congruenz für das Modulsystem $(M_v^{(n-2\mathfrak{m})})$ beginnt die Entwickelung der Determinante:

$$|\, v_{ik} + v\delta_{ik} \,| \qquad (i,k=1,2,\dots n)$$

nach steigenden Potenzen von v mit $v^{n-2\mathfrak{m}}$, und die Entwickelung jeder ihrer ersten Subdeterminanten mit $v^{n-2\mathfrak{m}-1}$ oder einer höheren Potenz von v.

Nun ist die bilineare Form:

$$\frac{v}{V(v)} \sum_{i,k} \frac{\partial V(v)}{\partial v_{ik}} x_i' y_k' \qquad (i,k=1,2,\dots n)$$

die reciproke der bilinearen Form:

$$\frac{1}{v}\sum_{i,k} v_{ik} x_i y_k + \sum_k x_k y_k \quad \text{oder} \quad \sum_{i,k} \left(\frac{v_{ik}}{v} + \delta_{ik}\right) x_i y_k \qquad (i,k=1,2,\dots n);$$

das vorstehende Resultat kann demnach auch, wenn man die Reciproke einer Form f zur Abkürzung mit Rec. (f) bezeichnet, durch die Congruenz dargestellt werden:

$$\text{Rec.}\left(\sum_{i,k}\left(\frac{v_{ik}}{v}+\delta_{ik}\right)x_i y_k\right)\cdot\sum_{l} v^l \sum_{\varkappa}(\mathfrak{V}_\varkappa^{(l)})^2 \equiv \sum_{i,k}\sum_{l} v^l \sum_{\varkappa} \frac{\partial V_\varkappa^{(l-1)}}{\partial v_{ik}} x_i' y_k' \left(\text{modd.}\,(M_v^{(n-2m)})\right),$$
$$(i,k=1,2,\dots n;\quad \varkappa=1,2,\dots \nu_l;\quad l=n-2m,\ n-2m+1,\dots n)$$

und hieraus folgt, dass, wenn man zu den Elementen des mit $(M_v^{(n-2m)})$ bezeichneten Modulsystems noch das Element v hinzunimmt, die Congruenz besteht:

$$(56)\qquad \text{Rec.}\left(\sum_{i,k}\left(\frac{v_{ik}}{v}+\delta_{ik}\right)x_i y_k\right)\cdot\sum_{\varkappa}(\mathfrak{V}_\varkappa^{(m)})^2 \equiv \sum_{i,k}\sum_{\varkappa} \frac{\partial V_\varkappa^{(m-1)}}{\partial v_{ik}} x_i' y_k'.$$
$$(i,k=1,2,\dots n;\quad \varkappa=1,2,\dots \nu_m;\quad m=n-2m)$$

Setzt man für die n^2 Variabeln v_{ik} ganze Grössen eines Rationalitätsbereichs $(\mathfrak{R}', \mathfrak{R}'', \dots)$, und entnimmt man aus demselben Bereich ein Modulsystem $(\mathfrak{M}', \mathfrak{M}'', \dots)$, welches in allen Elementen des Modulsystems $(M_v^{(m)})$, also sowohl in jeder der $\frac{1}{2}n(n+1)$ Grössen:

$$v_{ii},\ v_{ik}+v_{ki} \qquad (i,k=1,2,\dots n;\ i<k)$$

als auch in jeder der Grössen:

$$\mathfrak{V}^{(n-2m-2)},\ \mathfrak{V}^{(n-2m-4)},\ \mathfrak{V}^{(n-2m-6)},\ \dots$$

enthalten ist, für welches aber die Grösse:

$$\sum_{\varkappa}(\mathfrak{V}_\varkappa^{(n-2m)})^2$$

nicht congruent Null ist, so erhält man die Congruenz:

$$(56')\qquad \text{Rec.}\left(\sum_{i,k}\left(\frac{v_{ik}}{v}+\delta_{ik}\right)x_i y_k\right)\cdot\sum_{\varkappa}(\mathfrak{V}_\varkappa^{(m)})^2 \equiv \sum_{i,k}\sum_{\varkappa} \frac{\partial V_\varkappa^{(m-1)}}{\partial v_{ik}} x_i' y_k' \ (\text{modd.}\ v, \mathfrak{M}', \mathfrak{M}'', \dots).$$
$$(i,k=1,2,\dots n;\ \varkappa=1,2,\dots \nu_m;\ m=n-2m)$$

Die Coefficienten der bilinearen Form auf der rechten Seite sind Subdeterminanten $(n-m)$ter, d. h. also $2m$ter Ordnung. Die Subdeterminanten gerader Ordnung bleiben aber, wie schon oben dargelegt ist, im Sinne der Congruenz für das Modulsystem $(\mathfrak{M}_v)$, also auch für das darin enthaltene Modulsystem $(v, \mathfrak{M}', \mathfrak{M}'', \dots)$, ungeändert, wenn man die Horizontalreihen und Verticalreihen ihrer Elemente mit einander vertauscht. Die bilineare Form auf der rechten Seite der Congruenz (56′) ist daher symmetrisch.

VII.

Legt man den n^2 Variabeln v_{ik} reelle Werthe τ_{ik} bei, welche den Bedingungen:

$$\tau_{ii}=0,\quad \tau_{ik}+\tau_{ki}=0 \qquad (i,k=1,2,\dots n)$$

genügen, also die Coefficienten einer alternirenden bilinearen Form

bilden, und welche überdies so beschaffen sind, dass die Entwickelung der Determinante:

$$|\tau_{ik} + v\delta_{ik}| \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

nach steigenden Potenzen von v genau mit v^m beginnt, so müssen die m Gleichungen bestehen:

$$\sum_{\varkappa} (\mathfrak{B}_{\varkappa}^{(l)})^2 = 0 \qquad \begin{pmatrix} \varkappa = 1, 2, \ldots \nu_l \\ l = 0, 1, \ldots m-1 \end{pmatrix},$$

in welchen $\mathfrak{B}_{\varkappa}^{(l)}$ ganze ganzzahlige Functionen der reellen Grössen τ_{ik} sind, und es müssen daher die sämmtlichen Grössen:

$$\mathfrak{B}_{\varkappa}^{(l)} \qquad \begin{pmatrix} \varkappa = 1, 2, \ldots \nu_l \\ l = 0, 1, \ldots m-1 \end{pmatrix}$$

selbst gleich Null sein. Es sind also dann die sämmtlichen Elemente des oben mit $(M_v^{(m)})$ bezeichneten Modulsystems gleich Null, und die Entwickelung jeder der ersten Subdeterminanten von:

$$|\tau_{ik} + v\delta_{ik}| \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

fängt daher mit v^{m-1} oder einer höheren Potenz von v an.

Nimmt man für die oben mit $\mathfrak{M}'$, $\mathfrak{M}''$, ... bezeichneten Modulsystem-Elemente die folgenden:

$$v_{ii},\ v_{ik} + v_{ki},\ \mathfrak{B}^{(n-2m-2)},\ \mathfrak{B}^{(n-2m-4)},\ \mathfrak{B}^{(n-2m-6)}, \ldots,$$

welche, sobald man die Variabeln v_{ik} durch die Grössen τ_{ik} ersetzt, sämmtlich gleich Null werden, so reducirt sich das Modulsystem in der Congruenz (56′) auf den einfachen Modul v. Nimmt man endlich auch $v = 0$, so geht die Congruenz (56′) in die Gleichung über:

$$(57) \quad \lim_{v=0} \text{Rec.}\left(\sum_{i,k}\left(\frac{\tau_{ik}}{v} + \delta_{ik}\right) x_i y_k\right) = \frac{1}{\sum_{\varkappa} (\mathfrak{B}_{\varkappa}^{(m)})^2} \sum_{i,k} \sum_{\varkappa} \frac{\partial V_{\varkappa}^{(m-1)}}{\partial v_{ik}} x_i' y_k',$$

vorausgesetzt, dass auf der rechten Seite in den mit $\mathfrak{B}_{\varkappa}^{(m)}$ und $\dfrac{\partial V_{\varkappa}^{(m-1)}}{\partial v_{ik}}$ bezeichneten ganzen Functionen der n^2 Grössen v_{ik}, für diese die entsprechenden reellen Grössen τ_{ik} substituirt werden.

Die bilineare Form auf der rechten Seite der Gleichung (57) ist, wie schon am Schlusse des vorigen Abschnittes erwähnt worden, symmetrisch; es gilt daher der bemerkenswerthe Satz:

Die Reciproke der bilinearen Form:

$$\frac{1}{v} \sum_{i,k} \tau_{ik} x_i y_k + \sum_k x_k y_k \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

(58) d. h. also des Aggregats einer bilinearen alternirenden Form mit reellen Coefficienten, dividirt durch v, und der symmetrischen Form $\sum x_k y_k$, nähert sich, wenn man v bis zu Null abnehmen lässt, einer symmetrischen bilinearen Form, deren Coefficienten reelle (endliche) Werthe haben.

Dieser Satz lässt sich noch allgemeiner in folgender Weise formuliren:

Wenn f und f' zwei conjugirte bilineare Formen mit reellen Coefficienten:

$$\sum_{i,k} a_{ik}\, x_i y_k\,,\ \sum_{i,k} a_{ik}\, y_i x_k \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

bedeuten, und die Determinante der symmetrischen Form $f+f'$ nicht gleich Null ist, so nähert sich die Reciproke der bilinearen Form:

$$\frac{wf+f'}{w+1}\,,$$

welche eine Schaar mit conjugirten Grundformen darstellt, für $w+1=0$, einer symmetrischen Form mit reellen (endlichen) Coefficienten.

Setzt man nämlich:

$$w = \frac{v+1}{v-1}\,,$$

so geht $\frac{wf+f'}{w+1}$ über in:

$$\frac{1}{2v}(f-f') + \tfrac{1}{2}(f+f')\,,$$

und wenn nunmehr die symmetrische Form $\frac{1}{2}(f+f')$ durch congruente Transformation in die Form:

$$\sum_{k=1}^{k=n} x_k y_k$$

verwandelt wird, bleibt die Form $\frac{1}{2}(f-f')$ alternirend, und $\frac{wf+f'}{w+1}$ erhält also in der That die obige Gestalt:

$$\frac{1}{v}\sum_{i,k} \tau_{ik} x_i y_k + \sum_k x_k y_k \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

in welcher die Coefficienten τ_{ik} die Bedingungen:

$$\tau_{ii} = 0\,,\ \tau_{ik} + \tau_{ki} = 0 \qquad (i, k = 1, 2 \ldots n)$$

erfüllen.

Die vorstehenden Sätze haben übrigens nur eine Bedeutung, wenn die Determinanten der alternirenden bilinearen Formen:

$$\sum_{i,k} \tau_{ik}\, x_i y_k\,,\ \tfrac{1}{2}(f-f') \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

gleich Null sind; denn anderenfalls werden, für $v=0$ oder $w+1=0$, in den Reciproken der bilinearen Formen:

$$\frac{1}{v}\sum_{i,k}\tau_{ik}x_iy_k+\sum_k x_ky_k\,,\quad \frac{wf+f'}{w+1} \qquad (i,k=1,2,\ldots n)$$

die Coefficienten sämmtlich gleich Null.

In dem obigen mit (58) bezeichneten Satze findet die am Schlusse des art. V erwähnte Frage ihre Erledigung, nämlich die Frage, wie man sich bei der CAYLEY'schen Darstellung orthogonaler Systeme (c_{ik}) denjenigen, welche zugleich symmetrisch sind, nähern kann. Denn bei dieser Darstellung wird das System der Elemente:

$$\tfrac{1}{2}c_{ik}+\tfrac{1}{2}\delta_{ik} \qquad (i,k=1,2,\ldots n)$$

als das reciproke eines Systems von Elementen $2t_{ik}$ charakterisirt, welche den Gleichungen:

$$t_{ik}+t_{ki}=\delta_{ik} \qquad (i,k=1,2,\ldots n)$$

genügen, oder also auch als das reciproke eines Systems von Elementen:

$$\frac{\tau_{ik}}{v}+\delta_{ik} \qquad (i,k=1,2,\ldots n),$$

welche die Bedingungen erfüllen:

$$\tau_{ii}=0\,,\quad \tau_{ik}+\tau_{ki}=0 \qquad (i,k=1,2,\ldots n).$$

Nun können die Elemente eines reciproken Systems, als die nach den einzelnen Elementen des ursprünglichen Systems genommenen partiellen logarithmischen Differentialquotienten der Determinante, wenn diese gleich Null wird, nicht sämmtlich endliche Werthe behalten. Bei Annäherung an Systeme $(\frac{1}{2}c_{ik}+\frac{1}{2}\delta_{ik})$, deren Determinante gleich Null ist, muss daher wenigstens eine der n^2 Grössen $\frac{\tau_{ik}}{v}$ über jede Grenze hinaus wachsen. Erfolgt nun die Annäherung in der Weise, dass man für die n^2 Grössen τ_{ik} irgend welche endliche Werthe, wofür die Determinante $|\tau_{ik}|$ gleich Null ist, festhält und v bis zur Null hin abnehmen lässt, so nähert man sich, wie der obige Satz (58) zeigt, stets einem zu dem Systeme $\left(\frac{\tau_{ik}}{v}+\delta_{ik}\right)$ reciproken symmetrischen Systeme $(\frac{1}{2}c_{ik}+\frac{1}{2}\delta_{ik})$, dessen Elemente endliche Werthe haben, und dessen Determinante gleich Null ist. Das auf diese Weise aus dem Systeme $\left(\frac{\tau_{ik}}{v}+\delta_{ik}\right)$ resultirende System der n^2 Elemente c_{ik} ist daher zugleich orthogonal und symmetrisch.

(Fortsetzung folgt.)

Ausgegeben am 26. Juni.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1890.
XXXII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

26. Juni. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Auwers.

1. Hr. Klein las die umstehend folgende Abhandlung: Krystallographisch-optische Untersuchungen an Rhodizit, Jeremejewit, Analcim, Chabasit und Phakolith.

2. Hr. Waldeyer legte die gleichfalls hier folgende Mittheilung des Hrn. Prof. L. Auerbach in Breslau vor: Zur Kenntniss der thierischen Zellen. I. Mittheilung.

Krystallographisch-optische Untersuchungen, vorgenommen an Rhodizit, Jeremejewit, Analcim, Chabasit und Phakolith.

Von Carl Klein.

A. Einleitung.

1. Beobachtungsinstrument.

Als Beobachtungsinstrument wandte ich zu den vorliegenden Untersuchungen ein completes Mikroskop mit Nebentheilen an, wie ein solches durch Hrn. Fuess kürzlich im Neuen Jahrbuch für Mineralogie u. s. w., 1890, Beilage B. VII, S. 55—89 beschrieben worden ist. Dieses Instrument ward mir durch die Königliche Akademie der Wissenschaften dahier für meine Untersuchungen zur Verfügung gestellt. Es besitzt ausser den oben erwähnten, bereits beschriebenen Nebentheilen einige Vorrichtungen zum Erwärmen der Krystalle, die Hr. Fuess nach den Angaben construirt hat, die ich ihm über den Zweck und die Verwendung besagter Apparate mitgetheilt habe. Er wird seinerseits genannte Erwärmungsvorrichtungen noch näher mit Rücksicht auf das Detail ihrer Construction schildern, während hier mehr eine Übersicht über sie und ihre Anwendung gegeben werden soll.

Im Ganzen sind drei Erwärmungsvorrichtungen geplant, von denen zwei für alle wichtigsten Versuche ausreichen. Es nöthigt nur die Kostspieligkeit einer derselben, die Construction einer sie in der Hauptsache ersetzenden, einfacheren vorzunehmen. Mit dieser letzteren ist Hr. Fuess zur Zeit noch beschäftigt, die beiden anderen sollen hier beschrieben werden.

a. Erhitzungsapparat für Temperaturen bis zu 450° C.[1]

Dieser Apparat ist darauf berechnet, bei dem Mikroskop in dessen verticaler Stellung angewandt zu werden, hauptsächlich zu

---

[1] Man kann natürlich mit dem Apparat noch höhere Temperaturen erzielen, dieselben aber nur bis 450° C. messen. Nach der Prüfung des Mitgliedes der physi-

Untersuchungen im parallelen polarisirten Lichte Verwendung zu finden und die Erforschung des Krystalles in trockener oder feuchter Luft zu gestatten.

Zu dem Ende ist ein länglich rechteckiger Kasten aus dünnem Metallblech und mit Asbestpappe umkleidet, angefertigt worden, dessen einer Theil, von einem Mittelstück an gerechnet, horizontal liegt und dessen anderer nach oben zu aufgebogen ist. Im Mittelstück besitzt der Kasten oben und unten auf der breiten Seite zwei runde Öffnungen und erlaubt der Luft an der schmalen Seite des horizontalen Theils einzutreten und den Kasten durch den aufsteigenden Theil zu verlassen. Dieser Kasten sitzt verschraubt auf einer die Wärme schlecht leitenden Unterlage, welche auf den Tisch des Mikroskops passt und es gestattet, dass der Kasten nicht auf dem Metalltische aufliegt, sondern sich, durch seine Unterlage getrennt, in gehörigem Abstand von demselben befindet. Hierdurch wird eine zu rasche Erwärmung des Mikroskoptisches vermieden. Da aber der Erhitzungsapparat auf dem durch Mikrometerwerke beweglichen Tische fest aufgesetzt und angeklemmt ist, so kann er mit diesem durch die Mikrometerschrauben verschoben werden und gestattet überdies der Tischumdrehung mit einem mehr als genügenden Winkel von über 135° zu folgen.

Innerhalb des rechteckigen Kastens befindet sich über dem Loch, was denselben auf seiner Ober- und Unterseite durchsetzt, eine Glasplatte auf einem Dreifuss ruhend. Auf diese Glasplatte wird der Krystall gelegt. Demselben möglichst nahe greift ein Thermometer, welches über dem Quecksilber eine Stickstofffüllung besitzt, hufeisenförmig vor und hinter dem Krystall herum und geht in der Richtung des aufsteigenden Theils des Kastens in die Scala aus. Dieselbe ist in einer Rinne auf der Oberseite des aufsteigenden Theils des Kastens eingebettet. Das Thermometer kann bei etwa nothwendig werdenden, sehr starken Erhitzungen heraus genommen werden. Das obere und untere Loch im Kasten werden durch Glasplatten geschlossen, so dass das Objectiv des Mikroskops und dessen Condensorsystem nicht von der Hitze im Kastenraum leiden. Die Erwärmung wird durch Gas bewirkt, das auf der dem Thermometerende entgegengesetzten, horizontal liegenden Seite des Kastens durch einen Bunsen'schen Spaltbrenner, der gegen das Object hin verschoben werden kann, ausströmt.[1]

---

kalisch-technischen Reichsanstalt hierselbst, Hrn. Wiebe, Zeitschrift für Instrumentenkunde 1890, Juni-Heft, sind die von Hrn. Fuess gefertigten Stickstoff-Quecksilberthermometer bis 450° C. verwendbar.

[1] Der Krystall oder die Platte befinden sich danach gegenüber der zugeführten heissen Luft möglichst unter denselben Umständen wie die Thermometerenden. — Um sich zu überzeugen, wie genau dies der Fall ist, kann die Einrichtung getroffen

Reicht der durch die Leuchtgasflamme erzeugte Wasserdampf nicht für die Zwecke der Beobachtung aus, so kann durch ein über der Flamme mündendes Röhrchen noch solcher von ausserhalb zugeführt werden und wird dann durch den Luftzug mitgeführt, im Kasten vertheilt und tritt an dessen entgegengesetzter Öffnung wieder aus. Um endlich die bei etwaiger unvollkommener Verbrennung gebildeten Gase zu zerstören, stelle man vor die Austrittsöffnung derselben, in gleicher Höhe mit ihr, eine brennende Spirituslampe.

Mit diesem Instrumente lassen sich gradweise bis zur Temperatur von 450° C. und über diese hinaus bei herausgenommenem Thermometer alle Phaenomene bei der Erwärmung im parallelen polarisirten Lichte sehr schön beobachten.

Das Mikroskop leidet, wenn für gewöhnlich nicht über 450° C. gegangen wird, gar nicht unter der Hitze und der über seinem Ocular mit dem Auge befindliche Beobachter bei kurzer Versuchsdauer auch nicht; bei längerem Beobachten empfiehlt es sich freilich, durch eine Spiegelvorrichtung mit Tubus das Ocular wagerecht einzuführen und das Auge somit von der Wirkung der Hitze zu befreien.

Befolgt man noch die Vorsicht, am Eintrittsrohr für den Wasserdampf eine Gabelung anzubringen, so dass man nach dem Erwärmen durch ein Gebläse auch kühle Luft eintreten lassen kann,[1] so kann die Vorrichtung zu manchen anderen chemischen und physikalischen Versuchen dienen.

Vergleicht man diese Vorrichtung mit einer kürzlich von H. Brünnée in Göttingen verfertigten und in der Zeitschrift für Instrumentenkunde 1890, S. 63 und 64 beschriebenen, so hat diese vor der hier geschilderten die grössere Beweglichkeit bei dem Umdrehen des Tisches voraus. Da sie sich aber in den Tisch conisch einsetzt, so wird demselben die Erwärmung mehr wie hier mitgetheilt, eine besondere Zufuhr von Wasserdampf ist nicht vorgesehen und schliesslich leiden die Schutzgläser und namentlich das Glas, was den Krystall trägt, durch die angewandte Art der Erhitzung, so dass man wenigstens auf

---

werden, von oben her in den Kasten und denselben schliessend ein Thermometer gleicher Güte, wie das im Kasten befindliche, so einzulassen, dass sein Reservoir genau an die Stelle kommt, wo sich der Krystall befindet; durch Beobachtung beider Thermometer kann man dann finden, wie gross die Verschiedenheit der Temperatur ist, die in einem gegebenen Momente am Orte des Beobachtungsthermometers und an dem des Krystalls sich zeigt.

[1] Die Vorrichtung lässt sich, wie Hr. Fuess zeigen wird, auch so benutzen, dass man Luft in die Flamme blasen und dadurch eine gegen das Praeparat (bei herausgenommenem Thermometer) wirkende Stichflamme von hoher Temperatur erzeugen kann. Das Praeparat darf alsdann nicht auf Glas, sondern muss etwa auf ein Platinnetz mit weiten Maschen gelegt werden.

Objectträgern von Glas sehr oft die Praeparate durch das Zerspringen letzterer verliert. Diesem sehr unangenehmen Übelstande müsste jedenfalls dadurch abgeholfen werden, dass man die Platte auf eine nicht zerspringende und, wenn undurchsichtig, mit weiten Öffnungen versehene Unterlage legt. — Beide Vorrichtungen können natürlich dem ferneren Übelstande nicht entgehen, dass bei höherer Temperatur die Verschlussgläser polarisirend wirken.

b. Erhitzungsapparat für Temperaturen bis zur hellen Rothgluth.

Bei Anwendung des in der Folge zu beschreibenden Apparates, der von dem eben erwähnten Übelstand frei ist, dafür aber auch die Temperatur nicht ohne Weiteres[1] zu bestimmen erlaubt, wird man zweckmässig das Mikroskop etwas neigen oder ganz horizontal stellen. Der Apparat folgt den Mikrometerbewegungen des Tisches und lässt eine nahezu volle Umdrehung desselben zu.

Er besteht im Wesentlichen aus folgenden Theilen. Eine in der Mitte durchbohrte kleine, länglich viereckige Schieferplatte trägt rechts und links einen Metallstift, gegen den die Tischklemmen wirken. Auf dem Schiefertisch liegen zwei sich nicht berührende Metalltheile, die in der Mitte zu einem grösseren Sehloche sich erweitern. Jeder Metalltheil kann vermöge einer Klemme den Zuleitungsdraht (Kabel) einer Thermosäule aufnehmen. Senkrecht zu der Trennungsfuge der beiden Metallplatten auf dem durchbohrten Schiefertisch stehen zwei schuhsohlenartige Vorrichtungen, vorn und hinten mit einer Spitze versehen. Nach Hrn. Fuess' ingeniöser Disposition kann ein Paar über einander liegender Platinbleche, die ihrerseits in der Mitte ein kleines Loch haben, so eingesetzt werden, dass sie, mit Löchern an den Enden versehen, jeweils in die einander zugekehrten Spitzen der Schuhsohlen eingreifen. Werden nun die mit entsprechenden Löchern versehenen Schuhobertheile auf die Sohlen gesetzt und die die beiden Theile verbindenden Schrauben angezogen, so ist eine leitende Verbindung der beiden Metallplatten auf der Schieferplatte hergestellt. Wäre die Vorrichtung damit vollständig erörtert, so würde sie noch nicht genügend wirken. Nun lässt sich aber noch der eine Ober- und Unterschuh gegen den anderen bewegen und geht, wenn der Druck nachlässt, durch eine Feder zurück. Hierdurch wird es einmal erreicht, dass die Platinbleche stets angespannt sind und das zwischen sie gespannte kleine Praeparat festhalten, andererseits kann man eben dann, wenn sich die Bleche federnd öffnen, sehr leicht

[1] Ich werde in der Folge darauf Bedacht nehmen, diese Bestimmungen ausführen zu können.

das Praeparat einschieben. Um zu verhüten, dass trotz dieser vorhergenannten Vorsichtsmaassregel ein vielleicht etwas zu grosses Praeparat nicht doch herausgleiten könne, ist das eine (von dem Beobachter abgekehrte) Platinblech auf seiner unteren Seite rechtwinkelig umgebogen, so dass sich darauf die Platte des Krystalls, wenn sie durchgleiten will, stützen kann.

Die Wärme wird bei dem Apparat durch eine Thermosäule nach E. RAUB's Patent[1] (Centralblatt für Elektrotechnik 1888 S. 175) erzeugt. Die nach dem Tische des Beobachters hingeleitete Elektricität geht durch einen Rheostat, um deren Wirkung an der Vereinigungsstelle des Stroms reguliren zu können. Von unten her gesehen muss an dem Erwärmungsapparat alles, was von Metall ist, sehr ausgearbeitet sein, so dass die Condensorlinsen dicht an die Platte herangebracht werden können und doch durch die Metallfassungen derselben keine Stromschliessungen stattfinden.

Da ein solcher Erhitzungsapparat verhältnissmässig kostspielig wird, wenn zu seiner Bedienung eine besondere, die Elektricität erzeugende Vorrichtung von constanter Wirkung angeschafft werden muss, so soll noch auf einen Ersatz dieser Heizvorrichtung durch eine mit Gas zu betreibende Bedacht genommen werden. Hr. FUESS ist, wie schon erwähnt, mit der Construction derselben beschäftigt. Sie wird an einem horizontal zu stellenden Instrument angebracht werden, aber nicht gestatten mit dem Tische desselben verbunden zu sein, da sie demselben eine zu hohe Temperatur mittheilen würde. Es muss in Folge dessen Bedacht darauf genommen werden, an Stelle des früher mittelst des Tisches drehbaren Praeparates jetzt die Nicols des Instrumentes gleichzeitig zu drehen.

Sieht man einstweilen von dieser dritten Vorrichtung ab, so erlaubt die zweite es ohne Weiteres während der starken Erwärmung im parallelen polarisirten Lichte zu beobachten. Die zu erhitzende Partie ist nur klein, die Erhitzung selbst kann momentan unterbrochen werden, — alles dies schadet dem Instrument, welches überdies noch horizontal gestellt werden kann, wenig oder gar nicht.

Auch zu Untersuchungen im convergenten Lichte kann die Vorrichtung dienen, wenn man nur darauf Bedacht nimmt das untere Condensorsystem und namentlich das Objectiv nur im Momente des Erwärmens zu nähern und dann wieder rasch zu entfernen. Das

---

[1] Die Säule leistet etwa dasselbe, was 5—6 BUNSEN'sche Elemente üblicher Grösse bewirken, d. h. hat eine Stromstärke von 15 Ampère und eine elektromotorische Kraft von 3 Volt. Sie liefert aber im Vergleich zu den BUNSEN'schen Elementen einen sehr constanten Strom und kann im Beobachtungszimmer aufgestellt werden, — Vortheile, die man bei den BUNSEN'schen Elementen nicht hat.

Instrument muss zu diesem Behufe horizontal gestellt und ausser dem Beobachter noch von einem Anderen bedient werden. Auch bringt man zweckmässig an der unteren Frontlinse des Objectivs noch eine die Messingtheile bekleidende Hülle von Horn an, auf dass beim Nähern des Objectivs an das Praeparat demselben durch die Metalltheile nicht allzu viel Wärme entzogen werde und das Praeparat dadurch aus dem Glühen komme.

2. Beobachtungsmethode.

Abgesehen von den allgemein bekannten Methoden optischer Erforschung wandte ich bei den nachfolgenden Untersuchungen mehrfach diejenige an, auf welche ich in diesen Sitzungsberichten 1890 S. 347 die Aufmerksamkeit der Forscher gelenkt habe.

Ich erlaube mir zu dem früher Mitgetheilten zunächst in historischer Hinsicht zu bemerken, dass nach gefälligen Mittheilungen des Hrn. Prof. von Reusch bereits Nörrenberg besagte Methode kannte. Hr. Prof. von Reusch schreibt mir darüber:

»Von Ihrer Methode der Umhüllung hat auch Nörrenberg mehrfach Gebrauch gemacht; publicirt hat er aber nichts hierüber. Ich besitze aus seinem Nachlasse einige leider verwitterte, sehr sauber ausgeführte Praeparate von mellitsaurem Ammoniak.«

Weiterhin hatte mein verehrter College F. E. Schulze die Güte mich darauf aufmerksam zu machen, dass in der 1887 erschienenen Arbeit von V. von Ebner »Über den feineren Bau der Skelettheile der Kalkschwämme nebst Bemerkungen über Kalkskelete überhaupt« Wien. Akademie Sitzber. B. XCV 1887 ähnliche Anwendungen vorkommen. — Da mir die Arbeit nicht zu Gebote stand, so wandte ich mich direct an Hrn. von Ebner, zumal aus dem Referat über genannte Arbeit in der Zeitschrift für Krystallographie B 17. 1889. S. 292 nichts für jene Angabe Sprechendes zu ersehen war und erhielt die Antwort, dass Hr. von Ebner die in Rede stehende Methode in ausgedehntestem Maasse bei seiner Arbeit benutzt habe.

Indem ich diese beiden Mittheilungen zur öffentlichen Kenntniss bringe und ihnen, wie selbstverständlich, ihr Recht werden lasse, glaube ich mich trotzdem zu dem Ausspruch berechtigt halten zu dürfen, dass bei der Gesammtheit der Mineralogen vor meiner Veröffentlichung nichts oder nur Ungenügendes über die in Rede stehende Methode bekannt war, die, wie sich immer mehr herausstellt, ein vortreffliches qualitatives Mittel zur Untersuchung der Krystalle ist.

Bei ihrer Anwendung scheinen mir folgende Hauptverwendungen in Betracht zu kommen; ich erlaube mir bei Anführung derselben einige seither erprobte Erfahrungen u. s. w. mitzutheilen:

a. Das Aufsuchen der optischen Erscheinungen in unbekannten, das Licht doppelt brechenden Körpern.

Vorab erkennt man deutlich, ob ein Körper doppelbrechend ist oder nicht. Vorausgesetzt er sei in seinem Brechungsverhältniss unter dem der umhüllenden Flüssigkeit, so wird ein isotroper Krystall bei passender Verdünnung der Flüssigkeit plötzlich in derselben, nach allen Richtungen gesehen, verschwinden; es ist dies der Fall, wenn die Flüssigkeit ebenso das Licht bricht, wie er. Ein doppelbrechender Krystall kann, nach allen Richtungen besehen, niemals dies Verhalten gleichzeitig zeigen; ja man könnte sogar durch consequente Weiterausbildung dieser Methode ein- und zweiaxige Krystalle damit unterscheiden. In der Praxis erreicht indessen die Unterscheidungsfähigkeit bei schwacher Doppelbrechung bald eine Grenze und man bedient sich zur Feststellung des Thatbestandes besser der gewöhnlichen Hülfsmittel.

Von gebrauchsfähigen Flüssigkeiten stehen uns, wie bekannt, durch die Untersuchungen der HH. GOLDSCHMIDT[1] und R. BRAUNS[2] das Kaliumquecksilberjodid und des Methylenjodid zur Verfügung. — Ersteres hat bei einem spec. Gew. von 3.16 für n_D den Werth 1.726. Es lässt sich beliebig mit Wasser verdünnen, wobei spec. Gew. und Brechungsvermögen sinken; man darf aber die Lösung nicht mit Metallen in Berührung bringen, weil diese sie zersetzen.

Das Methylenjodid hat bei 16° C. $n_D = 1.741$. Es lässt sich zwar nicht mit Wasser aber doch mit Benzol ($n_D = 1.5$ bei 15° C.) verdünnen; gegen Metalle ist es unempfindlich. Überdies soll sein Brechungsvermögen nach BERTRAND[3] durch Auflösen von Schwefel in der Flüssigkeit in der Wärme über 1.8[4], durch Auflösen von Schwefel und Jod über 1.85 gebracht werden können.

Zur Untersuchung hätte man also geeignete, verdünnbare Flüssigkeiten. Es können damit selbst Krystalle geprüft werden, deren Brechungsexponenten über den durch die höchst brechbare Flüssigkeit gegebenen liegen. Die Erscheinungen werden sich nur nicht ganz so vollkommen darstellen, als wenn Flüssigkeit und Krystall in der in Frage kommenden Richtung mit ihren Brechungsverhältnissen übereinstimmen.

Zur Untersuchung der Krystalle müssen dieselben in einem Glasgefässe möglichst ausgiebig gedreht werden können. In Annäherung ist dies schon vermittelst der Dreh- und Justirvorrichtungen des

---

[1] N. Jahrb. f. Min. 1881. Beilage Band I. S. 232.

[2] N. Jahrb. f. Min. 1886. B. II. S. 72 u. f.

[3] Bulletin de la Soc. française de Minéralogie 1888. T. XI. p. 31.

[4] Nach gef. Mittheilungen von H. ZEISS in Jena ist der Brechungsexponent nur 1.787.

Fuess'schen Axenwinkelapparates möglich, Hr. Fuess hat aber überdies die Anfertigung einer besonderen, speciell diesen Zwecken dienenden Vorrichtung in Aussicht gestellt. Bemerkt sei, dass bei einaxigen Krystallen schon recht bedeutende Dicken (bis zu 1.5^{cm} und mehr) in Betracht kommen können; bei zweiaxigen dagegen die Dicke des Krystalls mit wachsendem Axenwinkel sinkt und bei grossen Winkeln nur etwa $5-6^{mm}$ betragen darf, wenn man noch die beiden Axenpole gleichzeitig übersehen will.

Bei der Operation verdünnt man die Flüssigkeit so lange, bis der Krystall für eine mittlere Lage in derselben annähernd verschwindet, sucht dann durch passendes Drehen das betreffende optische Element, Richtung der ersten Mittellinie bei den zweiaxigen oder der optischen Axe bei den einaxigen, in die Visirlinie zu bringen und bringt nun die Flüssigkeit durch weiteres Verdünnen oder Concentriren dahin, dass für diese Richtung der Krystall in ihr überhaupt (einaxig) oder vornehmlich in der Richtung der Axenebene (zweiaxig) verschwindet. Den Brechungsexponenten der Flüssigkeit kann man dann am besten mit Hülfe eines Abbe'schen Refractometers für Flüssigkeiten, was mit Glasprismen von höheren Brechungsverhältnissen versehen ist, bestimmen.

b. Die Herstellung von Praeparaten zur Untersuchung im parallelen und im convergenten polarisirten Lichte.

α. Praeparate zur Untersuchung im parallelen polarisirten Lichte.

Ganze Krystalle oder Bruchstücke derselben können untersucht werden in Rücksicht auf Auslöschungsrichtungen auf gewissen Flächen nach bestimmten Kanten, hinsichtlich des Pleochroismus, der eventuell vorkommenden Feldertheilung u. s. w.

Will man die zu untersuchenden Körper nicht in dem vorhin angedeuteten Apparate zum Drehen der Krystalle in Flüssigkeiten prüfen, sondern Dauerpraeparate aus ihnen anfertigen, so fixire man sie in der erforderlichen Stellung mit Wachs oder einem anderen Klebstoff auf einem Objectträger, stülpe über sie einen auf dem Objectträger festzukittenden Abschnitt einer Glasröhre und fülle denselben mit dem entsprechenden Medium von passendem Brechungsverhältniss aus, so dass dasselbe ganz den Krystall umhüllt.

Als solche Medien empfehlen sich neben den oben erwähnten Flüssigkeiten eine Menge von Ölen, Monobromnaphtalin, Schwefelkohlenstoff, vielfach auch Canadabalsam[1] u. s. w.

---

[1] Bei der Wahl von Canadabalsam kann man, wenn man mit Bertrand'scher Linse und Ocular als schwach vergrösserndem Mikroskop eine Übersicht über den

Man wähle im Allgemeinen das Brechungsverhältniss des Mediums so, dass alle Strahlen, selbst die mit stärkstem Brechungsverhältniss noch in dasselbe übertreten können. Höher mit dem Brechungsverhältniss des Mediums zu gehen, empfiehlt sich nicht, weil sonst das unter dem Krystall befindliche, stärker brechende Medium Totalreflexion an den Flächen desselben bewirken könnte. Niedriger als den kleinsten Brechungsexponenten dürfte man auch die Brechbarkeit des den Krystall umgebenden Mediums nicht wählen, weil sonst über dem Krystall die denselben verlassenden Strahlen unter Umständen auch total reflectirt werden könnten.

Man wird daher für die Zwecke der Praxis am besten von einem Mittelwerth, etwa $\frac{\alpha + \beta + \gamma}{3}$, resp. $\frac{o + o + e}{3}$ ausgehen, zusehen, ob die gewünschten Erscheinungen deutlich hervortreten, und nach der einen oder anderen Seite noch etwas nachhelfen, wenn es erforderlich sein sollte.

In dem einen besonderen Falle, in dem man bei einaxigen Krystallen die einfache Brechung in der Richtung der Axe c an einem ganzen Krystalle ohne Basis, z. B. einen Spaltrhomboëder von Kalkspath, zeigen will, ist der Krystall mit einer Flüssigkeit zu umgeben, die vom Brechungsverhältniss o ist. Hierzu eignet sich bei Kalkspath Monobromnaphtalin fast ganz genau.

β. Praeparate zur Untersuchung im convergenten polarisirten Lichte.

Bei den hier vorzugsweise in Betracht kommenden Praeparaten, senkrecht zur optischen Axe der einaxigen oder der ersten (respective zweiten) Mittellinie der zweiaxigen Krystalle, wähle man die umgebende Flüssigkeit nach denselben Rücksichten, die eben erörtert wurden, d. h. man gehe von einer der mittleren Brechung entsprechenden aus und ändere sie nach Bedürfniss.[1]

Da für den Axenwinkel die Relation:

$$\sin V_a = \frac{n}{\beta} \sin H_a$$

Schliff nimmt, besonders leicht zur Darstellung von Axenerscheinungen, namentlich bei einaxigen Krystallen, übergehen, wenn man convergentes Licht einfallen lässt und das freie Tubusende bis zur Bildung einer Blase in den Balsam taucht. Diese wirkt dann wie ein Objectiv und die Umwandlung des Instrumentes ist für diesen Zweck genügend erreicht.

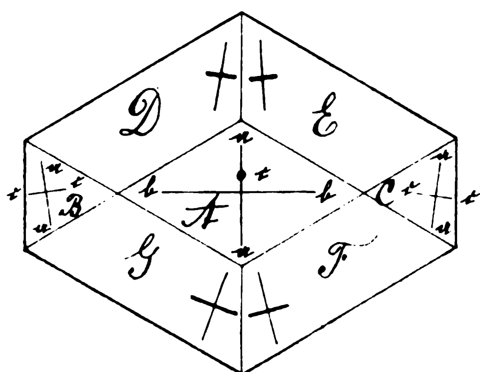
[1] Versuche, an optisch einaxigen Krystallen angestellt, ergaben das Resultat, dass die Erscheinungen am deutlichsten und am wenigsten von den vorhandenen Flächen beeinflusst auftraten, wenn das Brechungsverhältniss der Flüssigkeit dem am stärksten gebrochenen Strahl entsprach.

Bezüglich der optischen Untersuchung konnten nur solche Schliffe hergestellt werden, an denen möglichst viel zu erkennen war. In Folge dieser durch die Seltenheit der Substanz gebotenen Beschränkung auf gewisse Schlifflagen kamen nur Schliffe nach $\infty O(110)$ und zwar mediane und periphere zur Untersuchung. Ganze Krystalle waren aus leicht erklärlichen Gründen nicht zur Untersuchung zu verwenden.

Dieselbe hatte ihre eigenthümlichen Schwierigkeiten und würde ohne Kenntniss entsprechender Schliffe beim Boracit wohl kaum befriedigend auszuführen gewesen sein.

Ich beziehe mich auf meine Arbeit über den Boracit, N. Jahrb. f. Mineralogie 1880. B. II. Tafel VI. Fig. 15 und nenne, wie dort, die einzelnen Felder des Schliffs *A, B, C, D, E, F, G*, vergl. die beistehende Fig. 1[1].

Fig. 1.



Bringt man ein solches Praeparat zwischen gekreuzte Nicols auf den Tisch eines Polarisationsmikroskops und lässt die Trennungslinie von *D/E* und *G/F* einem Nicolhauptschnitt parallel laufen, so löscht das Feld *A* aus, die Felder *B*, *C* und *D*, *E* nahezu, dagegen sind *F*, *G* im Begriffe in die Hellstellung überzugehen.

Schaltet man ein Gypsblättchen vom Roth I. Ordnung ein, dessen kleinere Elasticitätsaxe *MM'* hier und in der Folge immer von unten links nach oben rechts verlaufen soll, so ist in der oben geschilderten Stellung der Platte (ihr mittlerer Theil *A* zeige in seiner Hellstellung das Hellgraublau der I. Ordnung)

das Feld *A* völlig roth,
dagegen *B* roth mit leicht bläulichem Ton,
C roth mit leicht gelblichem Ton,
ferner *D* blauroth,
E gelbroth,
endlich *G* blau,
F gelb.

Wie man sieht, entspricht diese Anordnung einem monoklinen Bau vollkommen.

[1] In derselben sind die Auslöschungsschiefen der einzelnen Felder, um deutlich hervorzutreten, etwas übertrieben dargestellt. Ihre Werthe werden später mitgetheilt werden.

Stellt man die lange Diagonale von *A* senkrecht zu *MM'* im Gypsblättchen, so werden die Theile *A* reingelb, *B* und *C* gelb in verschiedener Abtönung, die Theile *D*, *E*, *G* blau in verschiedener Nüance, der Theil *F* beginnt sich roth zu färben.

Kommt die lange Diagonale parallel *MM'*, so erscheint *A* reinblau, die Theile *B*, *C* verschieden abgetönt blau, *D*, *E*, *F* in verschiedenen Nüancen gelb und der Theil *G* beginnt roth zu werden.

Dieses auf den ersten Anblick verwirrende und mit dem Wesen des monoklinen Systems scheinbar nicht im Einklang stehende Verhalten, entspricht demselben vollkommen, wie eine Betrachtung der Lage der Auslöschungsrichtungen auf den einzelnen Theilen erweist. Man beobachtet nämlich hier das folgende:

Auf *A* zeigt sich Auslöschung nach den Diagonalen,
» *B* und *C* eine Schiefe von 10°—12° zur äusseren Kante,
» *D* und *E*[1] eine Schiefe von 7°, seltener von 10° zur Grenze der Felder,
» *G* und *F* eine Schiefe von 24°—27° zur Feldergrenze.

Diese Werthe stellen Mittelwerthe aus verschiedenen Beobachtungen und Platten dar. Letztere sind äusserst selten ganz einheitlich gebildet. Nicht nur greifen einzelne Felder in andere über, auch ein und dasselbe Feld ist manchmal sehr gestört gebildet, schwankt in der Auslöschung seiner Theile, zeigt parallel den Begrenzungselementen eingelagerte Streifen optisch anders orientirter Substanz und hie und da sogar isotrope Stellen. Es stellen aber die mitgetheilten Werthe der Auslöschungsschiefen die besten dar, die zu erlangen waren.

Legen wir sie vorläufig der Betrachtung zu Grunde, so ergibt sich, dass, wenn die lange Diagonale von *A* mit *MM'* coincidirt und das Feld blau wird, die Felder *B* und *C* in ähnliche Lagen kommen, da sie auch ein abgetöntes Blau zeigen. Es liegen also in allen drei Feldern die kleineren Elasticitätsaxenspuren im Sinne der langen Diagonale von *A*. Für *A* selbst ist jene Spur aber die der Elasticitätsaxe $\mathfrak{b}$, sie fällt genau parallel zur langen Diagonale und ist in der Plattenebene die kleinere Axe gegenüber der in die kurze Diagonale fallenden Spur der grössten Axe $\mathfrak{a}$. Da nach den Untersuchungen von Bertrand die Axenebene senkrecht auf *A* steht und in der kurzen Diagonale liegt, so folgt daraus, dass die auf *A* überdies schief stehende Mittellinie $= \mathfrak{c}$ ist, und der Krystall um diese Mittellinie positiv sein muss. Der Spur von $\mathfrak{a}$ in *A* müssen aber in *B* und *C* die Spuren von $\mathfrak{a}$ annähernd parallel (d. h. symmetrisch entgegengesetzt unter je

[1] In diesen Feldern beobachtet man eine zur Feldergrenze unter je 35° circa gerichtete Streifung, die möglicherweise mit einer Bildung hohler Kanäle, ähnlich wie beim Boracit, zusammenhängen könnte.

10°) liegen, also auch die Spuren von c unter je demselben Winkel von der Normalen zur äusseren Kante abweichen.

Wenn aber die lange Diagonale von *A* parallel *M M'* geht, so kommt auch die Normale zur Feldergrenze *D/E* in dieselbe Lage. Bei dieser Lage werden die Theile *D*, *E* gelb; es müssen daher die nur wenig (symmetrisch entgegengesetzt um 7°) von dieser Normalen abweichenden Auslöschungsrichtungen den Spuren der grösseren Elasticitätsaxen in den resp. Plattenebenen entsprechen. Da bei jener eben erwähnten Lage der langen Diagonale von *A* aber auch *F* gelb zu werden beginnt, so liegen in diesem Feld die optischen Elemente in demselben Sinne wie in *E*. Das Feld *G* endlich kommt bei der bewussten Stellung der langen Diagonale nicht allzu sehr aus der diagonalen Stellung seiner Elasticitätsaxenspuren (Ausweichung etwa 18°) zu *M M'* heraus; es wird also noch angenähert roth erscheinen, die Elasticitätsaxenspuren werden in ihm aber symmetrisch entgegengesetzt liegen wie in *F*. Die scheinbar gesetzwidrige Färbung der Felder ist also hierdurch erklärt.

Im convergenten polarisirten Lichte beobachtet man auf *A*, durch Axenbarren angezeigt, den schiefen Austritt zweier optischer Axen von grossem Winkel. Die Erscheinung ist nicht sehr präcise, da auch die Felder *A* wenig einheitlich gebildet und ungestört sind. Immerhin kann man constatiren, dass die Ausweichung von der Flächennormalen in der Ebene der Axen vorhanden ist und im Sinne einer Neigung nach der vorhandenen Tetraëderfläche zu erfolgt.[1] Die Fläche *A* entspricht also einer monoklinen Basis. — *B* und *C* repraesentiren Klinopinakoidflächen, die Schiefen auf *B* und *C* jeweils zur äusseren Kante können als Maass der Ausweichung der + Mittellinie auf *A* von der Normalen zu *A* gelten. *D* und *E*, sowie *G* und *F* entsprechen etwa + und — Hemipyramiden.

Bei dieser Darstellung ist angenommen worden, das jetzt in Erscheinung tretende monokline Gebilde habe in seinem Einzelindividuum dieselben Gestalten wie der ganze Zwillingscomplex, d. h. es treten zu demselben sechs Krystalle zusammen, ein jeder befähigt so ausgebildet zu sein, wie der ganze Complex. Diese Annahme spricht nicht zu Gunsten eines Aufbaues der Rhodizitkrystalle aus ursprünglichen Theilen niederer Symmetrie; man ist aber zu ihr, wie beim Boracit, durch den Umstand gezwungen, dass die Felder in einander übergreifen und somit das theoretisch auf die vierseitige Pyramide

[1] Derselben liegen die Felder mit kleinerer Auslöschungsschiefe an. An einem Praeparat wurde auch die Lage der Mittellinie c, entgegengesetzt wie angegeben und so wie es Bertrand gesehen zu haben glaubt, gefunden. Das Praeparat war aber nicht so gut gebildet, wie das oben untersuchte.

(Spitze im Krystallmittelpunkt, Basisfläche in der Rhombendodekaëderfläche) beschränkt sein sollende Einzelindividuum in seine Nachbarindividuen hinein sich erstreckt. Bezüglich der weiteren Erörterungen über diesen Punkt beziehe ich mich auf die seiner Zeit gegebenen Auseinandersetzungen im N. Jahrb. für Mineralogie 1881 I. S. 241 u. f. und bemerke nur, dass in neueren Arbeiten Anderer hierauf keine Rücksicht genommen ist, vielmehr Einzelindividuen construirt werden, die rein theoretisch recht einfach ausgedacht sind, in Wahrheit aber durch ähnliche Momente, wie die sind, die hier erwähnt wurden, als sehr viel complicirter gebildet angenommen werden müssen.

Lässt man sich von dem optischen Befund leiten und berücksichtigt das eben Gesagte, so zerfällt die reguläre Combination:

$$\infty O(110) \text{ in: } 0P(001),\ -P(111),\ +P(\bar{1}11),\ \infty P\dot{\infty}(010).$$

$$\frac{O}{2}\varkappa(111) \text{ in: } -{}^1/_2 P\overline{\infty}(102),\ +{}^1/_2 P\overline{\infty}(\bar{1}02),\ \infty P\dot{2}(120).$$

$$\text{Dabei ist } \dot{a}:\bar{b}:\dot{c} = 0.707107:1:1.$$
$$\beta = 90^\circ.$$

Die Ausbildung der Einzelkrystalle ist aber nicht holoëdrisch. Zu Basis, Klinopinakoid und Pyramiden treten die parallelen Gegenflächen auf. Sie fehlen bei den Orthodomen und Prismen. Wie man bemerken wird steht dies vorab mit den elektrischen Verhältnissen im Einklang, indem an den Enden der ehemals trigonalen Zwischenaxen verschiedene krystallographische Entwickelung sich zeigt. — In gewissem Sinne würde diese Ausbildung aber auch einer Hemiëdrie entsprechen, von der u. A. Mallard in seinem Traité de Cristallographie 1879. T. I p. 196 zum Schluss Kunde gibt; wenigstens ist das dort Gesagte für die Orthodomen und das Prisma zutreffend, da diese nur mit der Hälfte der Flächen, symmetrisch zum Klinopinakoid angelegt, erscheinen. Die Pyramiden würden in unserem Falle mit den beiden hemiëdrischen Formen vorkommen.

Wie dem nun auch sei, ob man den Rhodizit ansieht als monoklin durch secundäre Umstände geworden oder ursprünglich so aufgebaut, — immer bleibt es interessant zu sehen, wie sich die monokline Anordnung im regulären Rahmen abfindet oder wie sie sich gestaltet, um die scheinbar reguläre Bildung nachzuahmen, und von diesem Standpunkte aus hat die Sache ein Interesse, einerlei, wie man sich zur erst aufgeworfenen Frage selbst stellen möge.

Dem am Boracit erkannten Verhalten entsprechend hätte man auch erwarten sollen, es trete beim Erwärmen eine Umlagerung der Theile oder gar ein Übergang zu einer anderen Gleichgewichtslage ein, allein nichts von all' dem zeigte sich. Die Krystalle wurden in

Schliffen anfangs vorsichtig, nach und nach immer stärker, endlich unter Aufbietung aller Mittel bis zur hellen Rothgluth erhitzt, — trotz all' dem blieb die optische Structur, von ganz unwesentlichen Änderungen abgesehen, immer dieselbe wie vor der Einwirkung der Wärme, so dass diese, wenigstens innerhalb der erwähnten Temperaturgrenzen, ohne Wirkung ist.

Da mit dem nur sparsam vorhandenen Material andere Versuche nicht anzustellen waren, so ist auf Grund der vorliegenden die schon oben aufgeworfene Frage nach der Ursprünglichkeit der sich jetzt darbietenden Erscheinungen nicht definitiv zu entscheiden.

Dem, der in den Rhodiziten, Zwillingsgebilde, aus Theilen niederer Symmetrie bestehend, sieht, wird die Aufgabe zufallen, die reguläre Form zu erklären, die jene Gebilde trotz des vielfachen Wechsels im Innern, so namentlich der vielen Überlagerungen und der damit im Zusammenhang stehenden Differenzen in den Auslöschungen zeigen. Auch würde ihm die Fixirung des Einzelindividuums, so complicirt gebildet wie der ganze vorliegende Complex, die Erklärung nicht sonderlich vereinfachen.

Der, welcher die Rhodizite als ursprünglich reguläre geneigtflächig-hemiëdrische Gebilde auffasst, findet sich, wenn sich das Moleculargefüge ein Mal ändert, schon mit der monoklinen Gleichgewichtslage ab, auch mit besonderer Rücksicht auf die Beschaffenheit der Flächen. Das Einzelindividuum kommt hier nicht in Betracht. Die unregelmässigen Auslöschungen auf den einzelnen Feldern, die noch isotropen Theile derselben u. s. w. sind Folge der secundär eingetretenen Änderungen. Wodurch diese aber zu Stande gekommen sein könnten, darüber fehlt, mit besonderer Berücksichtigung dessen, was die Krystalle unter dem Einfluss der Wärme zeigen, der nähere Anhalt.

2. Jeremejewit.

Im Jahre 1883 untersuchte Damour[1] ein Mineral vom Berge Soktuj in Daurien und fand dessen Constitution als aus $(Al^2, Fe^2) O^3$, $B^2 O^3$ bestehend. Das specifische Gewicht ermittelte er zu 3.28, die Härte zu 6.5. — Websky[2] zeigte im Anschluss an Untersuchungen von Jereméjew, dass die Krystalle optisch aus einem einaxigen Mantel — Jeremejewit — bestehen, der einen zweiaxigen Kern — Eichwaldit — in Form eines rhombischen Durchkreuzungsdrillings gebildet, umschliesst. Websky bestimmte den Charakter der Doppelbrechung in beiden Theilen als negativ, den Axenwinkel zu

[1] Note sur un borate d'alumine cristallisé de la Sibérie. Nouvelle espèce minérale. Bulletin de la Soc. Min. de France 1863. T. VI. p. 20.

[2] Sitz. Berichte d. K. Akad. d. Wissensch. z. Berlin 1883. S. 671.

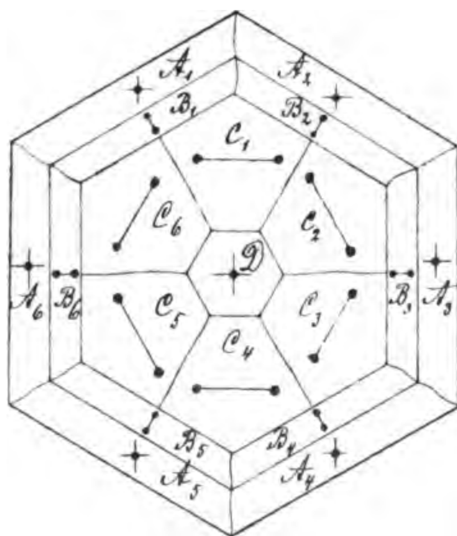
52° in Luft und für rothes Licht, ermittelte dann $R > Bl$ und in Annäherung $\alpha = 1.65$, $\beta = 1.64$, endlich stellte er durch mühsame goniometrische Unsersuchungen System, Axenverhältniss und Gestalten von Jeremejewit und Eichwaldit fest. Nach Groth[1] kann die Zusammensetzung als BO^2 [AlO] angesehen werden und es werden unter der Voraussetzung, dass Jeremejewit und Eichwaldit, wie wahrscheinlich, gleiche chemische Zusammensetzung haben, beide in dem Sinne als dimorph angesehen, dass ersterer aus sehr dünnen Lamellen des letzteren aufgebaut ist.

Bei dem grossen Interesse, was ein so eigenthümliches Mineralgebilde in theoretischer Hinsicht besitzt, schien es mir geboten, noch mehr Schliffe als den einen, den seiner Zeit Websky prüfte, zu untersuchen, und es wurde zu dem Ende der Krystall, dessen Haupttheil Damour zu seiner Analyse benutzt hatte, in seiner (von jener Zeit her noch erhaltenen) grösseren Hälfte zu Schliffen senkrecht zur langen Erstreckung verwandt.

Bei der Untersuchung dieser Schliffe trat alsbald eine sehr viel complicirtere und interessantere Erscheinung zu Tage, als sie Websky in seinem einen Schliff sah, woselbst Manches nicht zur Ausbildung gekommen, Anderes durch Einlagerungen verhüllt gewesen war.

Betrachtet man die Schliffe zunächst im Polarisationsmikroskop zwischen gekreuzten Nicols, so besitzen dieselben von aussen nach innen gehend, Fig. 2, eine Zone A, die bei einer vollen Horizontaldrehung des Praeparats dunkel bleibt, dieselbe ist gefolgt von einer Zone B, die öfters scharf, hie und da mehr oder weniger verschwommen in A übergeht, aber immer scharf gegen C absetzt. Diese Zone verhält sich nicht wie A; es bleiben von ihr bloss die Theile dunkel (in Fig. 2: B_3 und B_6), die mit ihrer Längsrichtung in eine der Polarisationsebenen der gekreuzten Nicols fallen, die anderen Theile erscheinen erhellt. Beim Drehen des Praeparats sind immer die zwei gegenüberliegenden Theile dunkel, die einer der Polarisationsebenen der gekreuzten Nicols parallel laufen.

Fig. 2.



[1] Tabellarische Übersicht der Mineralien. 1889. S. 68.

Die nun folgenden Theile C sind abwechselnd hell und dunkel. Es ist letzteres der Fall, wenn die Halbirende des Winkels des durch sie gebildeten Sechsecks oder die Senkrechte dazu mit den gekreuzten Polarisationsebenen der Nicols coincidirt (in Fig. 2 C_1 und C_4); ersteres wenn diese Richtungen 45° zu den Polarisationsebenen der Nicols machen. Die Theile C schliessen im Innern häufig, aber nicht immer, ein zu dem äusseren über Eck stehendes Hexagon ein, das sich optisch annähernd verhält wie der Rand A.

Wie man bemerken wird, giebt die Websky'sche Beschreibung weder von der optischen Beschaffenheit von B, noch von dem Theil D Kunde. Letzterer war in dem untersuchten Praeparate nicht zur Ausbildung gekommen, ersterer durch Einlagerungen getrübt und wenig mehr zum Studium geeignet.

Untersucht man im Polarisationsinstrument, so zeigen die Theile A den Austritt der optischen Axe der einaxigen Krystalle. Dieselben erweisen sich als optisch negativ.

Die Theile B sind zweiaxig mit kleinem bis mittlerem Axenwinkel. Derselbe geht für weisses Licht meist allmälig von o an bis 35° in Luft. Letzteren Werth erreicht er an der Grenze zu C, ersteren an der zu A. Die Axenebene steht in jedem Sector auf der Grenze B/C senkrecht, die spitze Mittellinie ist normal zur Schlifffläche und negativen Charakters.

Die Theile C sind stärker doppelbrechend wie die Theile B. Auch sie sind zweiaxig und die Axenebene steht jeweils senkrecht zur Halbirenden des Sechseckswinkels. Der Axenwinkel ist hier grösser als in den Theilen B und innerhalb eines Feldes manchmal constant, manchmal etwas schwankend; er beträgt im Mittel etwa 52° in Luft, wie es auch Websky fand. Die Mittellinie des spitzen Axenwinkels seht senkrecht auf der Schlifffläche und ist ebenfalls negativen Charakters.

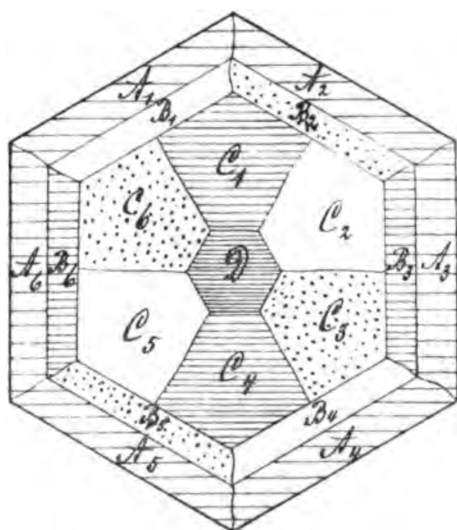
Der Centraltheil D, ist wiederum optisch einaxig negativ.

Ein feineres Detailstudium wird ermöglicht, wenn man ein Gypsblättchen vom Roth I. Ordnung in bekannter Weise in ein Polarisationsmikroskop einschaltet, die Nicols kreuzt und mit wechselnden Vergrösserungen die Schliffe untersucht.

Die Theile A färben sich dann im Normalzustand roth und behalten diesen Ton bei einer vollen Umdrehung des Praeparates bei. — Nicht alle Schliffe zeigen indessen solche ganz normale Bildung. Es kommt vor, dass in die Theile A Streifen eingelagert sind von der Beschaffenheit der anliegenden Theile B. Diese Streifen sind, mit dem Gypsblättchen untersucht, gefärbt wie B. Meist sind sie parallel den äusseren Begrenzungen eingelagert, seltener stellen sie

sich senkrecht zu jenen Richtungen ein.[1] In solcher Häufigkeit wie dies WEBSKY a. a. O. S. 673, Fig. 1 abbildet, habe ich sie in dünneren Schliffen nicht beobachtet. Sprünge und Klüfte mit Spannungshöfen treten hie und da auf. Die einzelnen Theile *A* gehen theils verschwommen, theils distincter in die Theile *B* über. Da, wo die Theile *B* am 120° Winkel von *C* zusammenstossen, hebt, die Theile *B* kräftiger scheidend, die Theile *A* zärter trennend, eine wellig und zackig verlaufende Grenze an, die bis in den 120° Winkel der Theile *A* verläuft.

Fig. 3.



In gewöhnlichen Dünnschliffen zeigen die Theile *B* in der Diagonalstellung hellgraublau I. Ordnung;[2] sie werden durch das Gypsblättchen so verändert, dass in Fig. 3 B_3 und B_6 roth (schraffirt), B_1 und B_4 gelb (weiss), B_2 und B_5 blau (getüpfelt) erscheinen.[3] Dies lässt die Spur der Ebene der optischen Axen (II. Mittellinie) als die kleinere, folglich die erste Mittellinie als die grössere Elasticitätsaxe und damit ihren Charakter als negativ erkennen. — Die Stärke der Doppelbrechung nimmt in den Feldern *B* gegen die Theile *A* hin ab, Schwankungen fehlen aber auch hier nicht. Sehr lebhaft wirkende Spannungsbezirke kommen besonders an der Grenze *B*/*C* vor.

Die Theile *C* sind bei gleicher Dicke wie die Theile *B* stärker doppelbrechend als diese. Zeigen die Theile *B* in der Diagonalstellung hauptsächlich hellgraublau I. Ordnung, so lassen jene gelbweiss I. Ordnung erkennen.

In Folge davon sind, Fig. 3, mit dem Gypsblättchen untersucht und wenn C_1 und C_4 den Ton des Gesichtsfeldes haben, (horizontal gestrichelt), C_2 und C_5 graulich weiss (licht), C_3 und C_6 gelblich grün (getüpfelt). Da in C_3 und C_6 die Farbe steigt (genau genommen muss, die Axenebene zum Zwecke der Beobachtung unter 45° zu den ge-

---

[1] In ganz seltenen Fällen beobachtete ich sie parallel der äusseren Begrenzung und z. B. in B_1 vom Charakter des nicht zugehörigen Theils B_2.

[2] Dieser Ton steigt bisweilen gegen *C* hin dem Weiss I. Ordnung zu.

[3] Die Stellen, welche ohne Gypsblättchen in der Diagonalstellung einen Ton nach dem Weiss I. Ordnung hin zeigen, bieten mit ersterem combinirt roth, gelblich weiss und grünlich blau dar.

kreuzten Nicols stehen), so ist die Spur der Axenebene (II. Mittellinie) kleinste Elasticitätsaxe, daher die erste Mittellinie grösste und die Krystalle um sie negativ. — Während die Grenzen *B*/*C* meistens scharf und einheitlich, selten gebogen und abgesetzt sind, beobachtet man bei den Grenzen der Felder *C* untereinander theils scharfe, theils gebogene Grenzen, auch wohl schiefes Einschneiden derselben. Die Felder selbst sind manchmal im Gleichgewicht, manchmal ist eins oder es sind mehrere auf Kosten anderer zurückgedrängt. Die nicht selten an Klüften und Rissen vorkommenden Spannungsbezirke zeichnen sich wie in *B* durch lebhafte Wirkungen aus. Wie dort setzen auch hier diese Bezirke nicht oft von einem Felde auf das andere über.

Während die Felder *C* meist einen einheitlichen Ton haben, gibt es auch andere, deren Doppelbrechung in der Richtung nach der Mitte zu zunimmt. Hie und da geben sich auch Anfänge zu einer regellosen Untertheilung der einzelnen Felder kund.

Das Centralfeld *D* behält entweder den Ton des Gesichtsfelds bei, oder zeigt Spuren schwachen Wechsels in der rothen Farbe an einzelnen Stellen beim Drehen des Tisches.

Untersucht man die mit Hülfe des Gypsblättchens als besonders merkwürdig erkannten Stellen im convergenten Lichte, so erhält man folgende Resultate.

Die normalen Stellen in den Feldern *A* zeigen ein ungestörtes schwarzes Kreuz. Da wo Überlagerungen des Theils *B* in Form feiner, senkrecht zur Hexagonkante gerichteter Lamellen vorkommen, ist das Axenbild gestört.

In den Theilen *B* ist da, wo die Doppelbrechung am stärksten ist, auch der Axenwinkel am grössten. Beides trifft am Rande nach *C* zu zusammen.

Die Theile *C* haben stärkere Doppelbrechung wie die Theile *B* und auch grössere Axenwinkel. Hie und da beobachtet man, dass in den Sectoren die Doppelbrechung im Innern stärker ist als aussen, dann ist auch der Axenwinkel aussen kleiner als innen.

Setzt man eine Platte mit Theilen *A*, *B*, *C* in einem Erhitzungsinstrumente lebhafter Rothgluth aus, so bleiben die Grenzen der Felder der einzelnen Theile gegeneinander ungeändert und das System der Theile des Kerns geht nicht in das der Theile des Mantels über oder umgekehrt.

Stellt man in dem Erhitzungsapparat für höhere Temperaturen eine Platte auf Axenaustritt ein und arbeitet mit convergentem polarisirtem Lichte, so erblickt man bei gewöhnlicher Temperatur deutlich das Axenbild. Dasselbe verändert sich nicht, wenn auch die Temperatur bis zu heller Rothgluth der Platte gesteigert wird.

Das Mineral zeigt sich also der Wirkung der Wärme gegenüber höchst unempfindlich.

Da das Material nicht ausreichend war, um eine gesonderte Analyse von Mantel und Kern zu machen, so wurde zu ermitteln versucht, ob ein Unterschied im specifischen Gewichte von Mantel und Kern besteht.

Es wurden zu diesem Behufe auf mit sehr wenig Benzol verdünntem Methylenjodid (ursprüngliches specif. Gew. = 2.32) aus einer Platte, Theile *A*, Theile *C*, Theile *A* mit *B*, Theile *C* mit *B* aufgetragen. Dieselben schwammen und sanken in späterer Folge fast zu gleicher Zeit, so dass das specifische Gewicht innerhalb der durch die Plattentheile hereingebrachten möglichen Versuchsfehler (bedingt durch Einschlüsse, kleine Hohlräume) jedenfalls sehr wenig verschieden, wenn nicht gleich zu nennen ist.

Hält man dies mit der einfachen chemischen Formel des ganzen Krystalls zusammen, so dürfte dieselbe wohl auch für jeden der drei Theile *A*, *B*, *C* dieselbe sein.[1]

So unempfindlich das Mineral gegen Wärmewirkungen ist, in so hohem Grade empfindlich zeigt es sich gegen Pressungen.

Werden Theile *A* senkrecht gegen die Axe *c* gepresst, so stellt sich sofort Zweiaxigkeit ein, und die Ebene der optischen Axen kommt senkrecht zur Druckrichtung zu stehen. Man kann den scheinbaren Axenwinkel in Luft so gross machen, das er am Rande des Gesichtsfeldes des Nörrenberg'schen Polarisationsinstrumentes austritt.

Werden Theile *B* gepresst, so lässt sich leicht der Axenwinkel, wenn senkrecht zu der Ebene der optischen Axen gedrückt wird, vergrössern wie im vorigen Falle, aber auch = o machen, wenn man die Pressung in der Richtung der optischen Axen einleitet. — Dasselbe gilt für die Theile *C*.

Es stellt sich sonach eine sehr grosse Empfindlichkeit des Minerals gegen Druck und Zug ein, die gewiss ein Licht auf das Zustandekommen seiner optischen Erscheinungen wirft.

Ich glaube indessen nicht, dass es gerechtfertigt ist anzunehmen, wir hätten nur eine Gleichgewichtslage vor uns, die hexagonale[2] und die rhombische Mitte sei durch eine vom Centrum ausgehende Spannung gebildet worden, ebenso wie der erste Mantel *B*. Dem

---

[1] Auch die Ätzversuche mit heisser Schwefelsäure ergaben, obwohl keine deutlichen Ätzfiguren erhalten wurden, doch so viel, dass die sämmtlichen Theile der Schliffplatte gleichmässig angegriffen wurden.

[2] Wäre es zulässig das Mineral in seinen verschiedenen Schichten als aus wechselnden Mengen von Al^2O^3 und B^2O^3 nach der Formel $(Al^2, B^2)O^3$ aufgebaut zu denken (die Damour'sche Formel wäre dann nur der Ausdruck des mittleren Verhältnisses), so könnte obige Annahme schon eher gelten.

widersprechen die scharfen Grenzen von C zu B, die nicht selten ebenso scharfen Grenzen der meist einheitlichen Felder C, sodann auch der durch WEBSKY klargestellte geometrische Befund.

Meine Meinung ist vielmehr mit WEBSKY die, es habe sich zuerst der rhombische Kern C gebildet, nicht ohne im Innern Hohlräume offen zu lassen. In einer späteren Periode, als die Umstände bei der Krystallisation (Druck, Temperatur u. s. w.) sich geändert hatten, sei der hexagonale Mantel A, B entstanden. Die Anlagerung des hexagonalen Mantels an den nun unter geänderten Umständen befindlichen rhombischen Kern konnte aber nicht erfolgen, ohne dass derselbe einen störenden Einfluss auf die nächstliegenden Theile B ausübte. Dieselben wurden in einer Richtung parallel der Begrenzung von B/C zusammengedrückt und daher zweiaxig. Diese Zweiaxigkeit nimmt aber in der Richtung senkrecht zu B/C immer mehr mit dem abnehmenden Einfluss des Kernes C ab, bis sie im Theile A in die Einaxigkeit verläuft. Wo im Theile A andere als einaxige Partien vorkommen, haben sich die Umstände local geändert und zur Bildung derselben Veranlassung gegeben.

Man wird vielleicht hie und da geneigt sein, wie GROTH es andeutet, den einaxigen Mantel A durch einen Aufbau aus rechtwinkelig gekreuzten zweiaxigen Lamellen des Theils C zu erklären, alsdann müsste man, abgesehen von den hierzu erforderlichen, bestimmten neuen Stellungen der Theile C im Mantel A, nothwendig auch das Mittelglied B in entsprechender Weise auffassen, und es bliebe danach zu erörtern, was die Substanz veranlasst haben könnte, zu diesen Bildungen zusammen zu treten.

Mir scheint zunächst die Nothwendigkeit einer solchen Anschauung nicht erwiesen zu sein, denn da, wo die Substanz im Mantel A lamellenfrei ist, ist sie auch ungestört, und wo sie Lamellen führt, zeigt sie Störungen. Freilich würde für die einheitlichen Stellen ein submikroskopischer Lamellenbau vorausgesetzt werden, dem man makroskopisch und mikroskopisch nichts anhaben könnte. Er müsste aber, wenn auch submikroskopisch, doch immer aus rechtwinkelig gekreuzten, zweiaxigen Lamellen bestehen, also in dem einen Zuge die Ebene der Axen von links nach rechts, im anderen von vorn nach hinten gelagert haben. Presst man ein solches Gebilde senkrecht zur Verticalaxe, so kann die Wirkung unmöglich die sein, wie bei einem einaxigen Krystall, dessen optischer Bau um die Axe c in allen Richtungen, die mit ihr denselben Winkel bilden, der gleiche sein muss, vorausgesetzt, dass der Krystall ungestört ist. In unserem Falle erhält man aber durch Pressungen senkrecht zur Axe c die Erscheinungen, welche ein normal gebauter optisch einaxiger Krystall negativen Charak-

ters liefert und die seine Imitation aus zweiaxigen Lamellen nicht in gleicher Weise liefern kann. Ich sehe daher den Mantel *A* als einaxig und die Zweiaxigkeit in der Hülle *B* als durch Zerrungsvorgänge beim Wachsthum erzeugt an. Hierfür sprechen auch die Trennungsfugen der Theile *A* und, stärker angezeigt, die der Theile *B* unter einander.

Was endlich den nicht in allen Schliffen wiederkehrenden Theil *D* anlangt, so ist er wohl gleicher Bildung wie der Theil *A* und eine Ausfüllung der Hohlräume von *C* mit der Masse von *A*. Um zu diesen Hohlräumen zu gelangen, musste die Masse von *C* irgendwo Zuführungscanäle haben; in der That sind solche vorhanden, wie man sich durch Zerschneiden des Krystalls parallel *C* überzeugen kann. Endlich bemerkt man auch in den Schliffen selbst, sei es an der Stelle *D*, sei es durch die Theile *A*, *B*, *C* hindurchziehend, eindringende Masse, die kein fremder Körper sein kann, weil sie, abgesehen von einer leichten braunen Färbung, dieselben Eigenschaften besitzt wie die übrige Substanz. Der Mantel *C* musste auf den Kern *D* im Allgemeinen ebenfalls einwirken, in der That sind auch in letzterem öfters Störungen gefunden; hie und da ist er aber auch frei davon. Man muss alsdann wohl annehmen, die Substanz habe sich an diesen Stellen abgesetzt, als die störenden Einflüsse schon weniger wirksam waren. Andere werden sagen, es finde hier eine innige Mischung der drei Componenten von *C* statt.

Wie dem auch sei, jedenfalls muss die Molecularanlage der hexagonalen Partie sehr ähnlich der der rhombischen sein. Hierfür sprechen, soweit man dies weiss, die Zusammensetzung und das specifische Gewicht, welch letzteres für beide Partien gleich oder annähernd gleich ist. Die überaus grosse Empfindlichkeit gegen Druck trägt jedenfalls dazu bei, die Übergänge von dem einen in den anderen Zustand, in dem sich die Substanz uns darbietet, leicht in Erscheinung treten zu lassen.

3. Analcim.

Ben Saude war bekanntlich der erste Forscher, der uns die merkwürdige Erscheinung kennen lehrte[1], dass der Analcim bei der Erwärmung eine Steigerung seiner Doppelbrechung erfährt und früher inactive Theile nach dem Erwärmen activ werden. Bei dem damaligen Stand der Kenntnisse wagte man indessen es noch nicht auszusprechen, dass das Entstehen der optischen Anomalien dieses Minerals auf den Wasserverlust zurückzuführen sei und von demselben abhänge.

[1] Inaugural Dissertation. Göttingen 1881. p. 31 und N. Jahrb. f. Mineralogie 1882. Bd. II. S. 41.

Erst später gelang es mir diese Thatsache in das rechte Licht zu stellen und durch Versuche zu erhärten.[1] — Der Analcim verliert danach in einer heissen Atmosphaere von Wasserdampf oder in heissem Wasser seine Anomalien und wird wieder isotrop; lässt man aber anstatt der feuchten Hitze trockene einwirken, so treten die optischen Abnormitäten, stärker als sie im Anfangszustand vorhanden waren, auf. — Ich schloss daraus, dass die optischen Abnormitäten vom Wasserverlust abhängig seien. — In einer späteren Mittheilung spricht R. BRAUNS[2] die Ansicht aus, der heisse Wasserdampf verhindere wohl nur den Austritt weiteren Wassers und das Verschwinden der Anomalien unter der Einwirkung der Hitze sei auf ein Aufheben von Spannungen zurückzuführen. — Ich glaube nicht, dass diese Ansicht die richtige ist, denn, wenn man einen durch trockene Hitze stark optisch wirksam gemachten Analcimschliff wieder in heissem Wasser oder noch besser längere Zeit in heissen feuchten Dämpfen erhitzt, so wird er, wenn er dünn genug ist, wieder völlig isotrop zum Beweise, dass es das Fehlen oder Vorhandensein von Wasser in ihm ist, was sein Verhalten bedingt.

---

[1] Mineral. Mitth. X. N. Jahrb. f. Mineral. 1884. B. I S. 250 und N. Jahrb. f. Min. 1887. B. I S. 241.

In einer in der neuesten Zeit erschienenen Arbeit geht H. BRÖGGER, Zeitschr. f. Krystallographie B. XVI. 1890 S. 565—585 auf die optischen Eigenschaften des Analcims scandinavischer Fundorte unter gleichzeitiger Berücksichtigung seiner chemischen Zusammensetzung ein. Er findet, dass die untersuchten, meist schon etwas im Ansehen getrübten Analcime kräftige Wirkungen auf das polarisirte Licht haben, dabei aber in ihrer empirischen Zusammensetzung noch normal sind, sogar öfters etwas mehr Wasser enthalten als es der Formel entspricht.

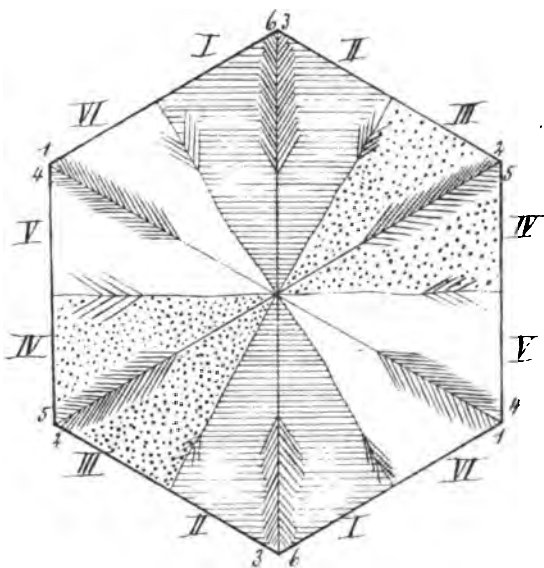
Ich erlaube mir zur Deutung dieses scheinbaren Widerspruchs mit der Reserve, die einem Jeden geboten ist, der das Material des Anderen nicht gesehen hat, zu bemerken, dass der trübe Zustand von ehemals hellen Krystallen wie bekannt hauptsächlich von Änderungen in der Constitution und von molecularen Umlagerungen herrühren kann. Erstere scheinen im vorliegenden Falle, in Anbetracht der Analysenresultate, ausgeschlossen, letztere aber, wozu auch H. BRÖGGER neigt, S. 583 und 584, durchaus möglich zu sein, auch in Anbetracht des gegen die übrigen Analcimvorkommen geänderten optischen Befundes. Nimmt man solche Umlagerungen, respective Bildung neuer Verbindungen, an, so hat es nichts Befremdendes, dass bei der normalen empirischen Analcim-Zusammensetzung Anomalien vorkommen können, denn die nunmehr vorhandene oder vorhandenen Neu-Gruppirungen können als solche bei gleichbleibender empirischer Analcim-Zusammensetzung Erscheinungen zeigen, die bei diesem sich erst bei einer Änderung der Constitution einzustellen pflegen. — Jedenfalls wäre es recht interessant gewesen, wenn H. BRÖGGER seine Analcimplatten nach einer passend eingeleiteten Erhitzung in trockener sowohl, als in feuchter Luft studirt hätte. Warum ist ihm dies nicht »eingefallen«? S. 566. Die von ihm a. o. O. citirten Beobachter haben wohl den Eudnophit nur deshalb nicht untersucht, weil sie kein genügendes Material hatten.

[2] R. BRAUNS. Was wissen wir über die Ursachen der optischen Anomalien? Verhandl. des naturh. Vereins zu Bonn 1887 S. 13.

gefähr 75—80° in Luft für mittlere Farben. Wie dieser eine vierseitige Ausschnitt aus der Fig. 4, so sind auch noch die übrigen fünf gebildet, so dass durch Zusammentreten derselben das Gesammtansehen der obigen Figur erhalten werden kann. Abgesehen von diesen Partien, die mit wenig scharfen Grenzen gegeneinander absetzen, selbst aber median durch eine scharfe Linie getheilt sind, beobachtet man in der Richtung der Axen *b* die Entwickelung eines deutlichen federartigen Gebildes, Fig. 5, dessen Axe mit *b* zusammenfällt und dessen Fahnen parallel den anliegenden Axen *a* gehen. Ferner ist ein zweites, sehr viel schwächer angezeigtes Federgebilde vorhanden, an *a* anliegend, die Fahnen parallel *b* gerichtet.

Um diese interessanten Verhältnisse etwas besser zu übersehen, werde paralleles polarisirtes Licht und ein Gypsblättchen vom Roth I. Ordnung in bekannter Weise angewandt.

Fig. 5.



Alsdann färben sich, Fig. 5, die Theile I blauroth, II gelbroth; III dunkelblau, IV hellblau; V hellgelb, VI dunkelgelb. In dem deutlicheren Federgebilde nehmen dagegen die Fahnen folgende Töne an. Im Sector I gelb, in II blau; im Sector III roth, in IV gelb; im Sector V blau, in VI roth. Aus diesen Färbungen kann man schon auf die Lage der Auslöschungen in den Fahnen schliessen und findet, wie auch die directe Beobachtung ergibt, dass sie jeweils dieselben sind, wie in dem anliegenden Sector des Nachbarindividuums. Dies wird durch die arabischen Zahlen in der Fig. 5 im Vergleich mit den römischen der Sectoren einleuchtend. Die directe Beobachtung zeigt ferner, dass dies so sein muss, da die Fahne dadurch zu Stande kommt, dass die Theile des Nachbarindividuums entsprechend in die des Grundindividuums eingreifen, Verhältnisse, die man an den ganzen Krystallen sehr schön verfolgen kann.

Die an den *a* Axen gelegenen schwächeren Fahnen entsprechen den Streifungen auf den Pyramidenflächen; sie sind nie so distinct wie die anderen und heben sich in den einzelnen Feldern auch nur durch schwache Änderungen der dort herrschenden Töne ab.

Sehr merkwürdig verhalten sich ferner Schliffe aus anderen Krystallen. Während in dem erstbeschriebenen die Felder deutlich in der Mitte zusammenstossen und die deutlichen Fahnengebilde mehr nach den Rändern zur Entwickelung gelangen, nehmen in anderen Schliffen die Fahnen überhand und drängen die einheitlichen Sectoren zurück, so dass dadurch ein Durchdringen der ehemals hexagonal-rhomboëdrischen Theilkrystalle sich anzeigt. Manchmal geschieht es auch, dass die Fahnen- und Sectorentheile wirr durcheinander gehen; ein Mal beobachtete ich im Centralschliff nur 6 Sectoren mit je zwei unregelmässig ineinander greifenden Orientirungen und Andeutungen von Fahnen, während in den Schliffen darüber oder darunter deutliche Zwölftheilung mit distincten Fahnen zu sehen war. Aus einem Krystalle wurde auch ein Schliff erhalten, in dem die Fahnen zu breiten Bändern umgeformt waren, so dass man die Auslöschungsrichtungen noch besser als in den früher nur abgesetzten Theilen bestimmen konnte.

Alle diese Verhältnisse legen den Gedanken nahe, dass man es hier nicht mit einer ursprünglichen Bildung zu thun habe. — Prüft man nun mit der Methode der Umhüllung die Chabasite und Phakolithe diverser Fundorte durch, so zeigt sich das, was einem früher schon an Schliffen aufgefallen war, die von gleicher Dicke, nach derselben Richtung aus Krystallen eines und desselben, sowie verschiedener Fundorte hergestellt worden waren, — die Stärke der Doppelbrechung in Platten senkrecht zu c ist bei den einzelnen Praeparaten sehr verschieden. Es gibt welche, die noch fast normal zu nennen sind (das beste Beispiel fand ich in einem Chabasit vom Hohen-Hagen bei Göttingen, dem dortigen Basalt entstammend), andere zeigen von schwächeren Wirkungen an allmählich Übergänge bis in die stärksten hinein. Die Wirkungen sind verschwindend oder gering, wenn die Krystalle klar sind; sie stellen sich um so deutlicher ein, je trüber die Krystalle erscheinen. Auch das Schwanken an ein und demselben Krystalle, wie an dem von Annerod mit der Sechstheilung in der Mitte und der Zwölftheilung oben und unten, lässt sich nur so deuten, dass der Wassergehalt des Krystalls in der Mitte ein anderer ist als an den Enden, und die ganze optische Wirkung, insofern sie vom hexagonalen Systeme abweicht, wie beim Analcim, durch den Wasserverlust bedingt ist. Nach Austritt des Wassers findet eine andere Moleculargruppirung statt, die sich in Beziehung setzt zu den Umgrenzungselementen, so dass die Sectoren von der herrschenden Deuteropyramide bestimmt werden. Die deutlichen Federfahnen hängen mit dem Übergreifen der Substanz aus einem Sector in einen benachbarten, einem anderen, ehe-

mals hexagonalen Individuum angehörenden, zusammen; die minder deutlichen Fahnen, an den Spuren der Axen *a* gelegen, aber bekunden einen Einfluss der Streifung auf den Flächen der Deuteropyramide.

Durch die Erwärmung treten Erscheinungen auf, die das eben Ausgesprochene bestätigen. Es wird dadurch und durch den damit im Gefolge hergehenden Wasserverlust überall die Doppelbrechung gesteigert; wo sie nach der Weise des einaxigen Systems vorhanden war oder als schwache Störung desselben im zweiaxigen Sinne auftrat, wird sie überall nach dem Erhitzen energischer und so, wie sie bei zweiaxigen Krystallen auftreten muss. Dabei treten scharfe Feldergrenzen auf, aus Partien mit polarisirenden Streifen gibt es einheitliche Felder und es werden die Fahnen, wo sie vorhanden sind, distincter und ausgedehnter. In dieser Hinsicht zeigt sich also voller Zusammenhang mit dem Verlust an Wasser. — Allein im Vergleich mit dem Analcim ist doch ein Unterschied vorhanden: die ein Mal optisch abnorm (triklin oder monoklin) gewordene Substanz behält diese Gleichgewichtslage bei, die Änderung gelingt bloss im einen und nicht, wie beim Analcim, auch im rückläufigen Sinne. Die ganzen Versuche aber zeigen, mit welchem Rechte Chabasit und Phakolith ihre hexagonal-rhomboëdrischen Formen besitzen.

Zur Kenntniss der thierischen Zellen.

Von Prof. Leopold Auerbach
in Breslau.

(Vorgelegt von Hrn. Waldeyer.)

1. Mittheilung.

Über zweierlei chromatophile Kernsubstanzen.

Seit in der mikroskopischen Technik die künstlichen Färbungen der Objecte eine grössere Ausbildung erlangt und zur Erkenntniss feinerer Structurverhältnisse auch in den Zellkernen geführt haben, unterscheidet man gewöhnlich in den letzteren eine die gebräuchlichen Farbstoffe begierig aufnehmende und festhaltende Substanz, die nach dem Vorgange Flemming's Chromatin genannt wird, und eine andere, in der erwähnten Hinsicht negativ sich verhaltende, das sogenannte Achromatin.

So einfach ist jedoch die Sache nicht. Es haben schon Ogata (1883), Lukjanow (1887) und Steinhaus (1888) in einigen Fällen tinctionell unterscheidbare und bei combinirten Tingirungen verschieden gefärbte Innenkörperchen der Kerne beobachtet, welche sie als Plasmosomen und Karyosomen unterscheiden, gelegentlich auch als eosino-, safranino-, haematoxylinophile bezeichnen. Freilich sind diese Angaben, obwohl besonders schon Ogata's Arbeit eine sehr eingehende und an Folgerungen reiche war, bisher fast ganz unbeachtet geblieben. Ich bin indess in der Lage Übereinstimmendes zu melden auf Grund eigener, den Kreis unserer Anschauungen über diese Dinge und ihre Bedeutung nach einigen Richtungen erweiternder Wahrnehmungen.

Indem ich erneute Untersuchungen über die Zellkerne vornahm, bei welchen ich mir zunächst die Aufgabe stellte, meine früheren, in meiner Schrift: »Organologische Studien«[1] kundgegebenen Ansichten mit Hülfe der jetzigen mikroskopischen Technik von Neuem zu prüfen,

[1] Breslau 1874 bei E. Morgenstern.

und dies auch in Bezug auf eine damals von mir erwähnte mikrochemische Verschiedenheit der Nucleoli, kam ich naturgemäss, unabhängig von den oben erwähnten, mir unbekannt gebliebenen Arbeiten, auch auf den Weg der Doppelfärbungen und gelangte an zahlreichen Zellenarten zu Thatsachen, die sowohl mit meinen früheren Angaben übereinstimmen, wie auch in wesentlichen Punkten mit den Darstellungen der genannten Forscher zusammenfallen.

Diese Angelegenheit ist schon deshalb von grösserem Belang als es auf den ersten Blick scheinen könnte, weil sie am Ausgangspunkte aller an Zellkernen mittels Färbungen vorzunehmenden Untersuchungen liegt, die ja neuerdings eine so wichtige Rolle spielen; und es wird sich zeigen, dass sie von Einfluss ist auf die Beurtheilung der Structur und der Lebenserscheinungen jener Gebilde.

Meine bezüglichen Untersuchungen betrafen fast alle Arten von Zellkernen im Körper der Amphibien, Urodelen wie Anuren, im erwachsenen und im Larvenzustande. Es soll aber hier nur von den sogenannten »ruhenden«, d. h. nicht in mitotischer Vermehrung begriffenen Zellkernen die Rede sein.

In dem beregten Punkte aber bin ich zu folgenden allgemeinen Ergebnissen gelangt.

Erstens: in dem, was im Ganzen Chromatin genannt wird, sind thatsächlich zweierlei Substanzen zusammengefasst, die sowohl farblich unterscheidbar sind als auch ihre stoffliche Differenz noch anderweitig, nämlich durch ungleiches Verhalten gegen gewisse chemische Reagentien, namentlich gegen Cl — Na, einfach chromsaures Ammoniak und sehr verdünnte Sublimatlösung bekunden.

Zweitens: es kommt vor, dass dasjenige, was bei einfacher Tinction farblos oder doch nur sehr schwach gefärbt erscheint und deshalb ganz oder doch seiner Hauptmasse nach als Achromatin imponirt, thatsächlich zumeist aus einem Materiale besteht, das einer der beiden Chromatinsubstanzen angehört und nur bei der gerade angewandten Färbungsweise farblos ist.

Die Färbungsabweichungen sind natürlich verursacht durch ungleiche Anziehungskraft auf gewisse Farbstoffe. Sehr merkwürdig ist aber dabei noch das, dass diese Verschiedenheit hinausläuft auf Vorliebe für je eine bestimmte Farbe, bez. Farbengruppe, nämlich für Blau nebst Grün einerseits und für Roth nebst Gelb andererseits, und dies trotz theilweise erheblicher chemischer Divergenz der gleichfarbigen und trotz der stofflichen Verwandtschaft einiger der bezüglichen, sehr different-, nämlich annähernd complementärfarbigen Tinctionsmittel. Wenigstens gilt dies für folgende von mir versuchte Farbstoffe, nämlich

für die rothen, bez. rothgelben: Eosin, Fuchsin, Aurantia, Carmin und Pikrocarmin

und für die blauen, bez. grünen: Methylgrün, Anilinblau, Haematoxylin.

Ich werde deshalb die eine der beiden Substanzen als die kyanophile, die andere als die erythrophile bezeichnen. Dies wird natürlich nur in Rücksicht auf die genannten Tinctionsmittel gemeint sein, während ich mich keineswegs für berechtigt halte, die gleichen Beziehungen auch zu allen anderen rothen und blauen Farbstoffen vorauszusetzen. Auch sollen die gewählten Bezeichnungen nicht den Sinn einer gänzlichen Unzugänglichkeit für die entgegengesetzte Farbe haben. Eine solche ist nicht vorhanden, wie ich bald noch näher erläutern werde.

Es zeigen sich nämlich die erwähnten Differenzen vorzugsweise bei Doppelfärbungen, und zwar nach vorangegangener Erhärtung der Objecte, sei es in wässriger Sublimatlösung oder in Alkohol oder in Gemischen aus beiden Flüssigkeiten oder auch in Pikrinsäure-Lösung, so wie auch nach Behandlung mit einfach chromsaurem Ammoniak. Solche Doppelfärbungen habe ich in mannigfachen Combinationen aus den beiden oben angegebenen Farbstoff-Reihen bewerkstelligt und zwar, welches auch die Vorbehandlung gewesen war, immer mit wesentlich dem gleichen Erfolge. Es stellte sich heraus, dass, falls nur die besonderen Modalitäten des Färbungsverfahrens richtig getroffen sind, auch jeder Zellkern eine Doppelfärbung annimmt. So weit meine Beobachtung reicht, sind in jedem Zellkerne beide Arten von Chromatinsubstanz gleichzeitig vertreten, und zwar meist derartig räumlich gesondert, dass sie mit Immersionslinse und Abbe'scher Beleuchtung bequem erkannt und auseinander gehalten werden können. Es erscheint also dann der Kern aus rein blauen und rein rothen Theilen zusammengesetzt. In bestimmten Fällen freilich verhält sich die Sache insofern etwas anders, als die beiden Substanzen derartig innig gemischt sind, dass bei Doppelfärbung eine violette Farbe aller Kernbestandtheile resultirt, wobei indessen auch dann noch stellenweise ein Nebeneinander äusserst feiner rother und blauer Körnchen zu erkennen ist. Diese feine Mischung beider Substanzen gilt namentlich für alle Zellkerne aus der Embryonalperiode und der ersten Zeit des Larvenlebens und für andere im erwachsenen Zustande des Thieres auftretende junge Kerne. Es sind also später entwickelungsgeschichtliche Differenzirungen im Spiele. Ein ähnlicher Zustand der Mischung beider Substanzen wird aber auch in älteren Zellkernen unter dem Einflusse gewisser Reagentien herbeigeführt. Auf alle diese Punkte werde ich noch im Besonderen zurückkommen.

Zwischen den gefärbten Theilen sind zuweilen farblose Spalten bemerklich. Jedoch sind diese nur von geringer Breite, und es bleibt, insofern sie überhaupt als schon im natürlichen Zustande vorhanden anzusehen sein sollten, doch fraglich, ob es eine organische Materie ist, die sie erfüllt, und wenn so, ob diese dem Protoplasma verwandt ist, eine Eigenschaft, die für das Achromatin in Anspruch genommen worden ist und welche den beiden tingirbaren Substanzen entschieden zukommt, wie wir noch sehen werden. Ich will dabei nicht unerwähnt lassen, dass zuweilen grössere roth gefärbte Innentheile sich so beschaffen zeigen, dass feine rothe Kügelchen in einer blassen Substanz eingebettet sind, und ich will nicht bestreiten, dass möglicher Weise letztere die Trägerin der protoplasmatischen Eigenschaften des Ganzen ist. Doch habe ich in ruhenden Kernen diese Erscheinung nur selten gefunden. Meist ist, auch bei Betrachtung mit stärkster Vergrösserung, die Färbung eine diffuse. Ich halte es deshalb für richtiger, vorläufig von der erwähnten Complication abzusehen, welche auch noch andere Deutungen zulässt.

Wenn man nun aber blos einen der rothen Farbstoffe anwendet, so wird dieser auch von den kyanophilen Bestandtheilen aufgenommen, obwohl bei nicht zu starker Tingirung nur in geringerem Maasse als von den erythrophilen und nur so, dass er aus jenen leichter auszuwaschen ist als aus diesen und bei nachträglicher Anwendung der blauen Farbe durch diese verdrängt oder doch so vollständig verdeckt wird, dass man eben nur Blau sieht. In ähnlicher Weise zeigen bei anfänglicher Blaufärbung des Objects auch die erythrophilen Bestandtheile, obwohl nur in geringerem Maasse und nicht immer die Fähigkeit, etwas blauen Farbstoff in sich aufzunehmen. Die Benennungen kyano- und erythrophil sollen also nur einen relativen Sinn haben, indem sie die Bevorzugung der betreffenden Farbstoffe, leichte Aufnahme und Festhalten derselben bedeuten.

Anlangend die Technik der Doppelfärbung, so ist diese für unseren Zweck theils folgeweise, theils gleichzeitig zu bewerkstelligen. Als ein für manche Fälle geeignetes Gemisch bietet sich die Ehrlich-Biondi'sche Tinctionsflüssigkeit dar, die jedoch zuweilen einiger Abänderung ihrer Anwendungsweise bedarf.

Bevor ich nun näher auf die Vertheilung der beiden Substanzen im Zellkerne eingehen kann, muss ich vorerst noch einige den Bau der Zellkerne betreffende Resultate meiner Untersuchungen hier kurz anführen, ihre Begründung mir für demnächst folgende Mittheilungen vorbehaltend.

Erstens: die von den Autoren so vielfach beschriebenen und auch wirklich hier und da anzutreffenden intranucleären Fadennetze

gehören nicht zur Fundamentalstructur der »ruhenden« Zellkerne, sondern sind unbeständige und nebensächliche, durch Umformung der Grundstructur entstehende Bildungen, die freilich theilweise schon im Leben sich einfinden, aber auch da, wo dies nicht der Fall ist, ausserhalb des Körpers durch verschiedene Behandlungsweisen mit Sicherheit herbeizuführen sind. Im normalen ruhenden Zustande ist, entsprechend der in einer früheren Periode der Wissenschaft herrschend gewesenen, richtigeren Ansicht, der Bau des Inneren des Zellkerns der, dass in einer Grundsubstanz, die im frischen Zustande homophan, im gehärteten auch mit den besten Linsen höchstens feinkörnig erscheint, grössere, scharf begrenzte, isolirte, stärker lichtbrechende und stärker färbbare Körperchen, Nucleoli, von wechselnder, aber für die verschiedenen Zellarten und Thierspecies typischer Anzahl eingebettet sind. Bei den Batrachiern enthalten die meisten Zellkerne eine grössere Anzahl, manche sogar sehr zahlreiche Nucleoli, die nicht Knotenpunkte eines Netzwerks sind. Es sind dies, wie ich die Sache schon früher bezeichnete, multinucleoläre Kerne. Sind die Nucleoli sehr zahlreich, so liegt die Mehrzahl derselben wandständig. Es gilt dies Alles nach meinen Befunden sogar auch von den rothen Blutscheiben der Batrachier, denen ja neuerdings Nucleoli überhaupt gänzlich abgesprochen werden. In allen diesen Punkten habe ich auch durch meine neueren, mit den besten Hülfsmitteln sorgfältig und vorurtheilsfrei angestellten Untersuchungen meine früher (im 1. Hefte meiner Organol. Studien) ausgesprochenen Ansichten nur bestätigt gefunden.

Zweitens: es gibt zwei Arten von Kernmembranen. Die eine derselben entspricht der zuerst von mir (Org. St. 1874) aufgestellten Theorie, nach welcher die Kernmembran als Verdichtungsschicht des den Kern umgebenden Zellenleibes, d. h. als »innere Zellmembran«, wie ich sie damals nannte, entsteht, und sie könnte in diesem Sinne auch als cytogene Kernmembran bezeichnet werden. Eine andere Art von Grenzschicht des Kerns hingegen bildet sich in nächstens zu schildernder Weise aus dem Material der Kernsubstanz selbst; ich werde mir erlauben, sie als karyogene Kernmembran zu erwähnen. In einzelnen Fällen ist keine von beiden deutlich ausgesprochen, öfters die eine oder andere; doch kommt es auch vor, dass, so lange der Kern in seiner Zelle steckt, beide als concentrische Grenzlinien in die Erscheinung treten.[1]

An den somit erwähnten morphologischen Bestandtheilen der Kerne machen sich nun die oben angekündigten Färbungsdifferenzen in folgender Weise geltend.

[1] Wie ich mich zu erinnern glaube, ist das Vorkommen einer doppelten Kernmembran in einem besonderen Falle schon einmal von W. Krause behauptet worden.

Zunächst gibt es zweierlei Arten von Kernkörperchen mit gesetzmässiger Vertheilung, nämlich solche, die bei der angegebenen Behandlung blau, neben anderen, die roth werden und sich zugleich widerstandsfähiger als jene zeigen. Mit Ausnahme der Blutscheiben erwachsener Thiere, welche blos kyanophile Körperchen enthalten, sind in den meisten Zellenarten der Batrachier in jedem der multinucleolären Kerne Nucleoli von beiden Arten gleichzeitig eingeschlossen, so zwar, dass die kyanophilen in überwiegender Mehrzahl vorhanden sind, nur einer oder verhältnissmässig wenige der erythrophilen Art angehören.

Diese qualitativ differenten Innenkörperchen können natürlich auch in ihrer physiologischen Bedeutung nicht gleichwerthig sein. Wenn ich nun dennoch auf beide die Bezeichnung Nucleoli anwende und vorläufig beide unter diesem Begriffe zusammenfasse, so geschieht dies aus folgenden Gründen. Erstens treten uns beide als isolirte Innenkörperchen von stärkerer Lichtbrechung und erheblicher Grösse entgegen, so zwar, dass bald die eine, bald die andere Art durch grösseren Durchmesser hervorragt und man im ungefärbten Zustande des Objects öfters überhaupt nicht sagen könnte, welche man für die eigentlichen Nucleoli halten solle. Zweitens sind unter denjenigen Gebilden, welche seit Beginn der Zellenlehre allgemein als Kernkörperchen angesehen wurden und auch heute noch von den meisten Forschern als solche anerkannt werden, z. B. unter den grossen Innenkörpern der farblosen Blutkörperchen der Batrachier sowohl kyanophile als erythrophile enthalten. Drittens aber werde ich später Thatsachen erwähnen, die vermuthen lassen, dass beide Arten von Kernkörperchen entwickelungsgeschichtlich zusammenhängen.

Die Erscheinung der zweierlei Kernkörperchen tritt uns in besonders grossem Maassstabe entgegen in den Hautdrüsenkernen (»Riesenkernen«) der Urodelen. Auch von diesen Gebilden gilt hinsichtlich ihres Baues all das, was ich vorhin von den Zellkernen im Allgemeinen behauptet habe. Ihre berühmten intranucleären Netze, welche bis jetzt eine Hauptsäule der Lehre von den Kernnetzen bilden, kommen im natürlichen Zustande nur vereinzelt und auch dann oft nur fragmentarisch vor, wie man sich bei angemessen vorsichtiger Behandlungsweise und bei Berücksichtigung auch der mittelgrossen und kleineren Exemplare dieser Gebilde überzeugen kann, während sie auf dem Wege der Praeparation in grosser Menge theils unabsichtlich erzeugt werden, theils planmässig in schönster Form hervorzurufen sind. Der gewöhnliche normale Bau dieser Kerne ist aber nach meinen Wahrnehmungen folgender.

Die sehr biegsame, faltbare und dehnbare Kernmembran ist ausgefüllt von einer weichen und feinkörnigen Substanz, in welcher zahlreiche, bei den grössten Exemplaren über hundert wohl isolirte, scharf begrenzte, in Tinctionsmitteln stark sich färbende Innenkörperchen eingebettet sind. Die Mehrzahl dieser Nucleoli ist wandständig, der Innenfläche der Kernmembran anliegend; doch ist auch eine nicht geringe Zahl derselben im Innenraume zerstreut. Sie haben meist eine rundliche Form und keinen gegenseitigen Zusammenhang, sind jedoch im Einzelnen hier und da in Folge einer ihnen zukommenden amöboiden Beweglichkeit umgestaltet, wurstförmig, spindelförmig, lappig oder gar verzweigt und können auch mit benachbarten verschmelzen. Solche Formveränderungen dieser Innenkörperchen kommen übrigens spontan nur in den grösseren und sehr grossen Exemplaren der Hautdrüsenkerne häufiger vor, seltener in den kleineren, können aber unter praeparatorischen Einflüssen in allen sich entwickeln. In den kleineren Kernen dieser Art sind sämmtliche Nucleoli kyanophil, auch in jedem grösseren die weit überwiegende Mehrzahl. Diese kyanophilen Körperchen sind in jedem Einzelkerne von ziemlich gleichem Durchmesser, während ihre absolute Grösse in umgekehrtem, ihre Anzahl hingegen in geradem Verhältnisse zum Gesammtumfange des Kerns steht. Diese ihre numerischen und auch ihre Lagerungsverhältnisse sind völlig analog denjenigen, welche ich früher (Org. St. I) an den Keimbläschen der Fisch- und Batrachier-Eier beschrieben und aus einem Entwickelungsgange abgeleitet habe, der auch an unseren jetzigen Objecten stattfindet, nämlich aus Theilung eines einzigen oder einiger weniger ursprünglicher Nucleoli und successiver Weitertheilung ihrer Sprösslinge.

In den mittelgrossen und sehr grossen der Hautdrüsenkerne finden sich nun aber neben den eben erwähnten immer noch je ein oder einige anders geartete Innenkörper. Ihre Anzahl beträgt je nach den Dimensionen des Kerns 1—15, gewöhnlich jedoch 2—5. Sie unterscheiden sich von den ersteren durch fünf Eigenschaften. Erstens sind sie zumeist erheblich grösser, im Durchmesser etwa 2—4 mal so gross als jene. Zweitens haben sie vorherrschend eine mehr centrale Lage. Drittens nehmen sie bei jeder meiner angegebenen Doppelfärbungen eine brillant rothe oder gelbe Farbe an, bestehen also aus erythrophiler Substanz. Viertens enthalten sie zuweilen kleine Vacuolen. Eine fünfte unterscheidende Eigenthümlichkeit aber liegt in ihrem Verhalten gegen stärkere Salzlösungen. Es ist eine ganz unbeachtet gebliebene, obwohl von mir schon früher (O. St. I) hervorgehobene Eigenthümlichkeit der meisten Nucleoli, die auch da sich zeigt, wo nur ein einziger grosser, also unzweideutiger Nucleolus

im Kern vorhanden ist, dass also die meisten Nucleoli in gewissen stärkeren Lösungen von Cl—Na und, wie ich jetzt hinzufüge, auch von neutralem chromsaurem Ammoniak erblassen, aufquellen und schliesslich ganz und gar oder doch bis auf einen geringen Rest dunkelkörniger Substanz sich auflösen. Ganz so verhalten sich nun auch die erst besprochenen kyanophilen Innenkörperchen der Hautdrüsenkerne der Urodelen und stimmen also auch hierin mit wahren Kernkörperchen überein, während hingegen die erythrophilen denselben Reagentien bei der nämlichen Concentration einen viel stärkeren, unter Umständen absoluten Widerstand entgegenstellen. Diese ihre Eigenschaft kann man benutzen, um sie auch ohne Härtung und Färbung zur gesonderten mikroskopischen Anschauung zu bringen. Man braucht nur dem frischen Objecte eine 2—5 procentige Lösung eines der genannten beiden Salze hinzuzufügen, so klären sich augenblicklich die Kerne auf, in Folge Auflösung der kyanophilen inneren Bestandtheile, und es bleiben nur eine kleine Anzahl, meist 2—5, grössere Innenkörper übrig, welche jetzt um so deutlicher hervortreten und sich durch ihre Zahl, Grösse und Lagerung als identisch mit den an tingirten Praeparaten zu erkennenden erythrophilen aufweisen, was sich auch durch nachträgliche Färbung bestätigen lässt. Schon in meinen Org. Studien, Heft I. S. 24 hob ich hervor, dass in multinucleolären Kernen öfters 1—2 der Nucleoli der auflösenden Wirkung gewisser Reagentien viel länger Widerstand leisten als ihre Genossen. Unter solchen Umständen können freilich diese übrig bleibenden Innenkörperchen sehr den Eindruck machen, als seien sie allein die echten Nucleoli, eine Frage, die sich ja weiterhin noch aufklären wird.

Jedenfalls gehören sie aber auch nach meiner Ansicht in den Kreis der Nucleoli. Ich zweifle daran um so weniger, als die gleichen reactiven Eigenschaften auch den entsprechenden Gebilden solcher Zellen zukommen, an denen ich erkennen konnte, dass der ursprüngliche embryonale, grosse und einzige Nucleolus in einem gewissen Stadium der Weiterentwickelung jene beiden Eigenschaften annimmt. Dies habe ich namentlich an den primären rothen Blutkörperchen[1] der Frösche beobachtet und werde das bald noch näher schildern. Jedoch lässt sich nicht eine identische Entstehungsweise für die erythrophilen Nucleoli unserer Hautdrüsenkerne behaupten. Es sprechen

[1] Unter primären rothen Blutkörperchen verstehe ich diejenigen, welche sich direct aus embryonalen dotterhaltigen Furchungskugeln entwickeln, im Gegensatze zu den später aus specifischen farblosen Blutzellen oder auch auf dem Wege der mitotischen Theilung aus rothen Blutscheiben entstehenden, welcher letztere Modus schon im Larvenzustande der Frösche und in der ersten Woche selbst an solchen rothen Blutscheiben vorkommt, die noch kleine Reste von Dottertäfelchen enthalten.

im Gegentheile mehrere Umstände für eine secundäre, nachträgliche Ausbildung derselben. Sie treten nämlich gewöhnlich erst auf, wenn die Kerne eine gewisse Grösse, etwa 15 μ Dm. erreicht haben, und sind dann in solchen zunächst nur in der Zahl von 1—2 anzutreffen, nehmen weiterhin mit dem Wachsthume der Kerne an Zahl zu, in den grössten Exemplaren bis zu 15 in einem Kerne. In den kleineren Hautdrüsenkernen, von denen manche, wie ich finde, bestimmt als junge Gebilde anzusehen sind, fehlen sie ganz; diese enthalten nur kyanophile Nucleoli. Ich werde weiter unten Gründe für die Wahrscheinlichkeit anführen, dass durch Neubildung aus der Kern-Grundsubstanz die erythrophilen Nucleoli hinzutreten.

Die zweierlei Nucleoli sind aber in ganz analoger Weise auch in vielen anderen Zellen des Batrachier-Körpers zu constatiren und wahrscheinlich in allen multinucleolären Kernen in gewissen Stadien ihres Lebens vorhanden. Abgesehen von den eben besprochenen »Riesenkernen« sind in den übrigen, viel kleineren Zellkernen die erythrophilen Nucleoli nur in der Zahl von 1—2, höchstens 3 vorzufinden, während ihnen die kyanophilen an Zahl überlegen sind und dies zuweilen in beträchtlichem Grade. Besonders deutlich beobachtete ich die Gleichzeitigkeit der beiden Arten von Nucleolis in den Leberzellen, Darmepithelien, Bindegewebszellen, einem Theile der farblosen Blutkörperchen erwachsener Thiere und ebenso auch in den rothen Blutscheiben der Larven von *Pelobates fuscus* und *Rana temporaria* während des grössten Theils ihres Larvenlebens, nämlich von der zweiten Woche nach dem Verluste der äusseren Kiemen bis zur Metamorphose. Meine Wahrnehmungen an den letzteren Objecten waren in einigen Beziehungen besonders belehrend, und ich will deshalb hier in Kürze die bezüglichen Ergebnisse anführen.

Die Blutkörperchen der Froschlarven entstehen aus kugeligen, mit grossen Dottertafeln vollgepfropften, farblosen, in dieser Gestalt in den Gefässen circulirenden Zellen, welche je einen kugeligen Kern mit einem einzigen grossen Nucleolus, seltener zwei solchen etwas kleineren enthalten. Wenn die Larve aus ihrer Gallerthülle entschlüpft, haben die Blutkörperchen noch die nämliche Verfassung und behalten sie noch ungefähr so während des ersten Tages ihres freien Lebens, bei kalter Witterung auch noch länger. Sodann aber beginnen sie deutlicher unter allmählicher Aufzehrung der Dottertäfelchen, unter entsprechender Gestaltveränderung und unter Ausbildung von Haemoglobin in ihrem Zellenleibe sich in elliptische Blutscheiben umzuwandeln. Die Haemoglobinbildung beginnt längere Zeit vor gänzlicher Schmelzung der Dottertäfelchen. Dieser Umwandelungsprocess nimmt je nach der herrschenden Temperatur und je nach der Species längere

oder kürzere Zeit, ein paar Tage oder auch ein paar Wochen in Anspruch. Dabei erfährt der Kern natürlich ebenfalls eine gewisse Abplattung und eine Verlängerung in der Längsaxe der Blutscheibe; im Übrigen aber behält er eine Zeit lang noch den beschriebenen einfachen Bau bei. Selbst wenn das Blutkörperchen schon scharf scheibenförmig ausgestaltet und deutlich haemoglobinhaltig ist und nur noch geringe Reste der Dottertäfelchen oder auch solche nicht mehr enthält, ist der Kern noch uninucleolär, und der grosse einfache oder allenfalls auch doppelte Nucleolus ist auf's Deutlichste bequem zu erkennen. Bei Doppelfärbung, z. B. mit der Ehrlich-Biondi'schen Mischung nimmt der ganze Kern eine violette oder Lila-Färbung an, der Nucleolus eine etwas gesättigtere Nuance. Gegen das Ende dieser Umgestaltungszeit aber wird das Aussehen des Kerns insofern etwas complicirter, als neben dem grossen Nucleolus noch eine Anzahl sehr kleiner Körnchen sichtbar werden, welche bei Doppelfärbung von einem blass rosafarbenen Grunde blau schimmernd sich abheben. Es macht den Eindruck, als habe die Grundsubstanz sich differenzirt, indem die kyanophilen Molecüle derselben sich zu den kleinen Kügelchen zusammengeballt hätten. Um diese Zeit kann man aber zuweilen auch an dem grossen Nucleolus etwas Analoges, nur in umgekehrter Richtung sich vollziehendes bemerken. Bei sehr gutem Lichte erkannte ich mittels der Immersionslinse mehrmals, dass der Nucleolus in diesem Stadium aus zwei Bestandtheilen zusammengefügt ist, nämlich einer blauen Grundsubstanz und in ihr eingebetteten, verhältnissmässig grossen rothen Kügelchen, oder auch so, dass eine centrale rothe, bez. gelbe Kugel von einer blauen Schale umgeben ist. Im übrigen Kernraume aber werden nach und nach der blau tingirbaren Kügelchen mehr und mehr. Sie werden, besonders von der Zeit an, wo die äusseren Kiemen des Thieres schwinden, sehr zahlreich. Woher dieser Zuschuss stammt, darüber lässt das weitere Schicksal des Nucleolus mir keinen Zweifel übrig. Während sich nämlich die Anzahl und die Gesammtmasse der Nebenkörnchen steigert, wird der ursprüngliche Nucleolus oder es werden event. die beiden Stamm-Nucleoli allmählich immer kleiner. Indem sie aber kleiner werden, nehmen sie auch zugleich immer mehr den erythrophilen Charakter an und erscheinen nach einiger Zeit, im Mai und besonders im Juni, bei Doppelfärbung rein roth. Ich glaube daraus schliessen zu müssen, dass der Nucleolus nach und nach von seiner Oberfläche aus einzelne Partikelchen des kyanophilen Theils seiner Substanz abstösst, die sich zwischen den ähnlichen, früher aus der Grundsubstanz differenzirten vertheilen. Weiterhin aber geht mit diesen Nebenkügelchen dahin eine Veränderung vor sich, dass, wahrscheinlich

durch gruppenweise erfolgende Verschmelzung derselben, ihre Anzahl geringer, auf 6—8 reducirt wird und so grössere als Nucleoli anzusprechende Körperchen entstehen, deren Durchmesser jetzt demjenigen der Stamm-Nucleoli gleicht. In Folge dessen sind im bloss gehärteten oder einfach, z. B. nur mit Eosin gefärbten Zustande die beiden Arten von Körperchen im Kerne nicht mehr zu unterscheiden. Wohl aber lassen sich auch ohne Färbung die erythrophilen Nucleoli deutlich machen durch Behandlung des frischen Objects mit wässeriger Sublimatlösung von 1—1.3 pro Mille Gehalt, durch welche, grossentheils unter kugeliger Abrundung des Blutkörperchens und seines Kerns, die überwiegende Mehrzahl der Nucleoli aufgelöst wird, so dass nur einer oder zwei, nämlich die erythrophilen, als solche auch jetzt durch Doppelfärbung nachweisbar, bestehen bleiben und in dieser Hinsicht eine Art Praeponderanz über die anderen bekunden.

Wenn die ursprünglichen Nucleoli auf etwa ein Drittel ihres anfänglichen Durchmessers und damit gänzlich auf den erythrophilen Theil ihrer Substanz reducirt sind, hat es den Anschein, als ob sie in diesem Zustande eine Zeit lang verharrten. Später aber wird es immer deutlicher, dass ihr Schwund, obwohl jetzt langsam, weiter geht. Sie erhalten sich während des ganzen Restes des Larvenlebens, werden aber im Laufe der Sommermonate kleiner und kleiner und verschwinden schliesslich zur Zeit der Metamorphose ganz. In Larven, an denen die Hinterbeine schon herausgewachsen sind, ist immer noch eine ziemliche Anzahl Blutscheiben mit freilich sehr kleinen erythrophilen Nucleolis anzutreffen, hingegen kaum noch, wenn auch die Vorderbeine sich entwickelt haben. Ich werde bald Gründe dafür anführen, dass dieser ihr Untergang wahrscheinlich in der Weise erfolgt, dass sie nach und nach von ihrer Oberfläche aus in feine Theilchen zerstäuben, die sich im Kernraume zerstreuen und zwischen den kyanophilen Nucleolis ablagern. An halbjährigen Herbstfröschen ferner zeigen sich schon ganz dieselben Verhältnisse, wie am erwachsenen Thiere. Es haben nämlich die Blutscheiben sämmtlicher über den Larvenzustand hinausgelangter Batrachier Kerne, deren jeder eine grössere Anzahl durchweg kyanophiler Nucleoli enthält, eingebettet in eine, die schmalen Spalten zwischen ihnen ausfüllende erythrophile Substanz. Biondi hat angegeben, dass durch die Ehrlich-Biondi'sche Mischung die Kerne der Blutscheiben rein blau werden; das ist jedoch nicht ganz so, wenn die Vorbehandlung eine fixirende und namentlich das, was ich »innere Quellung« genannt habe (O. St. I) vermeidende war. Freilich ist auch dann der bei Weitem grösste Theil der Masse des Kerns, weil den Nucleolis angehörend, blau gefärbt. Bei hellem Lichte aber kann man doch mit der Immersions-

linse zwischen den rundlichen Nucleolis feine, tief rothe Spalten erkennen, die, beiläufig bemerkt, auch ein fadiges Netzwerk mit Knotenpunkten vortäuschen können, thatsächlich aber nur die aus der Grundsubstanz bestehenden Scheidewände zwischen den Nucleolis darstellen. Ein Irrthum in Folge Durchscheinens der roth tingirten Leibessubstanz des Blutkörperchens ist dadurch ausgeschlossen, dass das Gleiche auch an ausgetretenen oder sonstwie isolirten Kernen der Blutscheiben zu constatiren ist, so wie ferner auch dadurch, dass bei der bewussten Behandlung der Zellenleib der Blutscheibe meist eine gelbrothe, die Grundsubstanz des Kerns hingegen eine karmoisinrothe Farbe gewinnt.

Diese Rothfärbung der Grundsubstanz ist aber so intensiv nur in ausgebildeten Thieren, viel schwächer im Larvenzustande und um so blasser je jünger die Larve ist, bis zurück zu der Zeit, wo die Differenzirung in Roth und Blau sich noch nicht vollzogen hat. Eben deshalb nehme ich an, dass in den primären Blutscheiben die rothliebenden Molecüle der Kerngrundsubstanz grossentheils von den während des Larvenlebens allmählich zerstäubenden erythrophilen Nucleolis herstammen. Die im späteren Leben entstehenden Blutscheiben finden, so weit sie aus farblosen Zellen ihren Ursprung nehmen, eine analoge Quelle für ihren ähnlichen Aufbau in denjenigen erythrophilen Nucleolis, welche in farblosen Blutzellen neben anderen blau werdenden auf's Schönste zu sehen sind. Es wird interessant sein, weiter nachzuforschen, wie sich bei der mitotischen Theilung der rothen Blutkörperchen und anderer Zellen diese Verhältnisse gestalten mögen, was freilich seine Schwierigkeit haben wird wegen der bei diesem Processe stattfindenden Vermischung der Kern- und der Zellsubstanz, ein Vorgang, der trotz seiner Ableugnung aus den Beschreibungen und Abbildungen der Autoren wie auch aus der Betrachtung betreffender Praeparate deutlich genug hervorleuchtet und im Wesentlichen meiner früher ausgesprochenen Theorie der Karyolyse entspricht. Ich selbst fand und besitze in meinen Praeparaten zwar eine ziemliche Anzahl von Mitosen rother Blutkörperchen, jedoch die meisten aus einer Zeit, wo ich die erwähnten Doppelfärbungen noch nicht anwandte, und unter den übrigen gerade von den Anfangs- und Endstadien des Processes zu wenige Specimina, als dass ich mir über das dabei obwaltende besondere Verhalten der beiden Kernsubstanzen schon eine feste Meinung hätte bilden können.

Wir haben nun soeben in den Blutscheiben schon einen Fall kennen gelernt, in welchem die Grundsubstanz oder wie man sie vielleicht besser nennen könnte, die Füllsubstanz des Kerns bei den bewussten Doppelfärbungen eine intensiv und rein rothe Farbe an-

nimmt. Das Gleiche habe ich nun aber in etwas wechselndem Grade noch bei manchen anderen Zellenarten beobachtet wie z. B. besonders schön an den Leberzellen von *Salamandra maculata* und ausserdem zuweilen an den oben schon in anderer Hinsicht besprochenen Hautdrüsenzellen von *Triton cristatus*. Bei letzterem Objecte ist indess der Grundsubstanz eine gewisse Unsicherheit der Färbungsbeziehungen eigen, welche sehr contrastirt gegen die von den beiderlei Nucleolis in diesem Punkte manifestirten Constanz. Zuweilen bleibt die Grundsubstanz überhaupt ungefärbt, andere Male nimmt sie in blasserer Abstufung die Farbe der kyanophilen Nucleoli an, wodurch dann die anderen, roth gewordenen Innenkörperchen um so lebhafter hervorstechen. Wo letzteres der Fall ist, betrifft diese Art der Färbung zuweilen alle in dem Praeparate vorhandenen Hautdrüsenkerne, woraus ich schliesse, dass dann äussere Umstände bedingend sind, wahrscheinlich gewisse, noch nicht genügend beherrschte Abweichungen im Färbungs- und dem darauf folgenden .Auswaschungsverfahren. Auf letzteren Punkt könnte ich, ohne weitläufig zu werden, hier nicht eingehen und will deshalb nur hinzufügen, dass ich Grund zu der Annahme habe, es dürfte bei noch besserer Regulirung der genannten Proceduren die Grundsubstanz auch dieser Kerne sich immer als vorherrschend erythrophil herausstellen. Wenn sich aber überhaupt an diesen Objecten die rothe Färbung der Grundsubstanz zeigt, dann ist dabei noch ein besonderes Verhältniss bemerkenswerth, das zu weiteren Folgerungen Veranlassung giebt. Es ist nämlich die Rothfärbung der Füllsubstanz des Kerns am intensivsten in den kleineren und mittelgrossen Kernen. Ein prachtvolles Bild bieten namentlich solche von 10—20 μ Dm. durch den Contrast der grossen blauen Nucleoli von dem hochrothen Untergrunde. In den noch grösseren Exemplaren hingegen ist die rothe Färbung der Grundsubstanz viel blasser und weiterhin fast verschwindend, d. h. nur auf zerstreute rothe Pünktchen beschränkt in jenen gigantischen Formen, welche diesen Gebilden den Namen der Riesenkerne verschafft haben. Diese Abnahme der diffusen Rothfärbung mit dem Wachsen der Kerne scheint einen doppelten Grund zu haben. Der eine liegt in ihrer Anschwellung selbst. Die riesigen Kerne sind zwar ihrem Volumen nach nicht ganz so gross, wie sie scheinen, da sie nach meiner Ermittelung immer, und zwar auch in situ, eine sehr abgeplattete Gestalt haben, sich aber bei der üblichen Praeparationsweise meist auf der flachen Seite liegend praesentiren. Immerhin erreicht aber ihr Volumen ein bedeutendes Maass. Diese mächtige Vergrösserung verdanken sie aber, wie ich aus ihrem Verhalten gegen mechanische Einwirkungen schliesse, vorzugsweise einer reichlichen Aufnahme von Wasser in

ihr Inneres. Sie stellen Blasen dar, die mit einer dünnen, f flüssigen Substanz gefüllt sind, während die kleineren Kerne d selben Parenchyms Gebilde aus viel festerem und derberem Materi sind. Durch den Zuschuss von Wasser aber müssen die eryth philen Molecüle der Grundsubstanz auseinander gedrängt, muss Färbung verdünnt werden. Indessen dürfte nach dem zuvor] merkten diese Ursache nicht zur vollen Erklärung der Differenz a reichen, sondern wohl noch eine andere, an sich interessantere Betracht zu ziehen sein. Ich habe oben mitgetheilt, dass die gross erythrophilen Nucleoli der in Rede stehenden Kerne erst in d grösseren derselben, welche einen Durchmesser von mindestens haben, sich einfinden. Wenn wir uns nun denken, dass jene du Zusammenballung entsprechender Molecüle aus der Grundsubsta sich bilden, so würde damit auch die gleichzeitige Verarmung letzteren an färbbaren Partikelchen erklärt sein. In der That kom es ausnahmsweise vor, dass auch kleinere Kerne erythrophile Nucle enthalten, und dann ist auch in diesen die Grundsubstanz imn blass oder ganz farblos. Wir hätten damit ein Gegenstück zu d oben von den Blutscheiben der Froschlarven Berichteten, nämlich der dort von mir angenommenen Vertheilung des Materials erythrophilen Nucleoli in die Grundsubstanz.

Die erythrophile Kernsubstanz ist übrigens dem Protoplas des Zellenleibes offenbar ähnlicher, als die kyanophile. Denn i habe hier hinzuzufügen, dass bei meinen Doppelfärbungen in vie Zellenarten auch die Zellenleiber eine rothe Färbung zeigen, näml immer dann, wenn sie überhaupt Farbstoff angenommen und be Auswaschen festgehalten haben.[1] Jedoch besitzt auch die ande blau sich färbende Kernsubstanz eine Haupteigenschaft des Pro plasma, nämlich amoeboide Beweglichkeit, wie ich schon angab.

Hinsichtlich weiterer Betheiligung der kyanophilen Substanz dem Aufbau der ruhenden Kerne habe ich nur noch anzuführ dass aus solcher Substanz auch die karyogene Kernmembran beste wo eine solche vorhanden ist, wie z. B. in vielen farblosen Bl zellen und in manchen Leberzellen der Urodelen.

[1] In manchen Zellenarten nämlich, wie z. B. in denjenigen der Chorda d salis, in Endothel- und platten Bindegewebszellen bleibt der Zellkörper ungefärbt. Von den Intercellularsubstanzen bleibt diejenige des Bindegewebes farblos, währ die Grundsubstanz des Knorpels eine schöne blaue Farbe annimmt, und zwar sow bei solchen Doppelfärbungen, wo die blaue Farbe durch Methylgrün, wie bei solch wo sie durch Haematoxylin vertreten ist, so dass die Knorpelsubstanz sich in ein allgemeineren Sinne als kyanophil erweist. Andere secundäre Bestandtheile manc Praeparate werden namentlich in der Ehrlich-Biondi'schen Mischung schön gr andere violett, so dass sehr bunte Bilder entstehen können.

Die Kenntniss der zweierlei Kernsubstanzen ist aber weiterhin sehr wichtig wegen deren Beziehungen zu den intranucleären Netzen. Zur Bildung solcher liefern sie das Material und sind dazu veranlagt kraft mehrerer ihrer Eigenschaften, deren eine ich schon wiederholt erwähnte, nämlich ihre amoeboide Bewegungsfähigkeit. Aber auch passiv sind die inneren Kernbestandtheile, weil im lebendigen und überlebenden Zustande aus einem weichen und klebrigen Material bestehend, sehr bildsam und geneigt, bei gegenseitiger Berührung zu verschmelzen. Auf Grund dieser Eigenschaften gestalten sie sich unter Umständen zu wirklichen inneren Netzen um. In der Regel ist es nur eine der beiden Substanzen, die dies thut, und zwar am häufigsten die kyanophile. Unter bestimmten Bedingungen jedoch gestaltet sich jede der beiden Substanzen für sich zu einem Netzwerke, so dass man in dem Kern zwei durch einander geflochtene Netzwerke, ein rothes und ein blaues, sieht.

Diesen Punkten soll eine demnächstige weitere Mittheilung gewidmet werden.

Ausgegeben am 3. Juli.

1890.
XXXIII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

26. Juni. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Curtius.

Hr. von der Gabelentz sprach über die Kabakadasprache in Neupommern.

Ausgegeben am 3. Juli.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1890.

XXXIV.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

---

3. Juli. Öffentliche Sitzung zur Feier des Leibnizischen Gedächtnisstages.

Vorsitzender Secretar: Hr. E. du Bois-Reymond.

Der Vorsitzende eröffnete die Sitzung, welcher Seine Excellenz der vorgeordnete Minister Hr. von Gossler beiwohnte, mit folgender Rede:

Vergegenwärtigt man sich die geistige Gestalt des ausserordentlichen Mannes, dem zu Ehren wir alljährlich an diesem Tage versammelt sind, so erstaunt man stets von Neuem über die fast schrankenlose Weite seines Gesichtskreises und die fast unendliche Mannigfaltigkeit seiner Interessen. Kaum erscheint es denkbar, dass die Staatsschrift, welche dem Könige von Preussen das Fürstenthum Neuchâtel zusprach, derselben Feder entsprang, wie die Protogaea; die Analysis des Unendlichen und das wahre Kräftemaass demselben Kopfe wie die praestabilirte Harmonie und die Theodicee. Eine Lücke indessen in diesem beim ersten Blick allumfassenden Bilde fällt bei näherer Betrachtung auf. Sieht man ab von dem lateinischen Gedicht, in welchem Leibniz Brand's Entdeckung des Phosphors überschwenglich feiert, so sucht man wohl vergebens nach einer Beziehung unseres Heros zur Kunst. Dass seine Ars combinatoria mit schönen Künsten nichts zu thun habe, bedarf nicht der Erwähnung. Nur gelegentlich und sehr zerstreut kommen in seinen Schriften und Briefen Bemerkungen über Kunst und über das Schöne vor; einmal lässt er sich über das Wohl-

gefallen an der Musik etwas ausführlicher vernehmen, dessen Ursache er in einer gleichmässigen, obschon unsichtbaren Ordnung der Bewegungen der zitternden Saiten sucht, »die ... in uns ... einen mitstimmenden Wiederhall »machet, nach welchem sich auch unsere Lebensgeister regen«. Doch war sichtlich die Sinnenwelt für Leibniz nur wenig da; die Alpen und die italiänischen Kunstschätze sah er wohl mit Augen, aber, wie wir heute sagen, seelenblind. Auf die Schönheit kam es ihm nicht sonderlich an; mit Einem Wort, dieser Hercules lässt sich nie am Wocken einer Omphale ertappen.

Dieselbe Vernachlässigung wenigstens der bildenden Kunst fällt bei Voltaire auf, der als Polyhistor sonst mit Leibniz einigermaassen vergleichbar ist, und man muss, wie ich früher einmal hier ausführte, bis zu einer dritten Generation, bis zu Diderot in Frankreich, zu Lessing und Winckelmann in Deutschland herabsteigen, um auf entschiedene Theilnahme an bildender Kunst, und auf Würdigung ihrer Stellung im Culturleben der Völker zu treffen.

Der so abgegrenzte Zeitraum ist für die Kunst, einiger hervorragenden Erscheinungen ungeachtet, einer des Niederganges gewesen, während er für die Wissenschaft einer der ruhmvollsten war. Betrachtet man die geschichtliche Entwickelung dieser beiden Richtungen menschlichen Schaffens, so zeigt sich in dem beiderseitigen Gange keinerlei Übereinstimmung. Während der höchsten Blüthe der griechischen Plastik gab es noch kaum Wissenschaft. Am Anfang der Kunstperiode, die wir als Cinquecento zu bezeichnen pflegen, ragt freilich Lionardo's Riesengestalt, der neben unsterblichen Kunstschöpfungen zugleich Physiker hohen Ranges war. Doch war er als solcher seiner Zeit so sehr voraus, dass dies gewiss nicht als Beweis dafür angeführt werden kann, wie Aufschwung der Wissenschaft Aufschwung auch der Kunst bedinge: so wenig, dass Michelangelo starb an demselben Tage, wo Galilei geboren wurde. Wenn gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts Kunst und Wissenschaft gemeinsam einen hohen Flug nahmen, wird man darin doch nur ein mehr zufälliges Zusammentreffen erblicken dürfen, da denn auch die Kunst seitdem bestenfalls auf gleicher Höhe verharrte, die Wissenschaft noch immer in unabsehbarem Siegeslauf begriffen ist.

In der That sind die beiden Richtungen so verschieden, dass man leicht begreift, wie der Kunst von der Wissenschaft, dieser von jener nur mehr äusserlich geholfen werden kann. »Die Natur«, sagte Goethe treffend zu Eckermann, — ohne zu ahnen, wie herbe Anwendung dieser Ausspruch auf eine Seite seiner eigenen wissenschaftlichen Bestrebungen finden könnte — »die Natur versteht gar keinen »Spass, sie ist immer wahr, immer ernst, immer strenge; sie hat

»immer recht, und die Fehler und Irrthümer sind immer des Menschen.« Um die Richtigkeit davon vollauf zu empfinden, muss man gewohnt sein, indem man als Experimentator oder Beobachter selber Hand an's Werk legt, der Natur in's unerbittliche Antlitz zu schauen, und die, man möchte sagen, ungeheure Verantwortlichkeit zu tragen, welche in dem Aufstellen auch des geringfügigsten Sachverhaltes liegt. Was in diesem Augenblick, unter diesen Umständen geschieht, würde unter denselben Umständen vor negativ unendlicher Zeit auch geschehen sein, nach positiv unendlicher Zeit noch geschehen: das ist der inhaltschwere Sinn jeder richtig gedeuteten Erfahrung. Nur der Mathematiker, dessen Thätigkeit der des experimentirenden Forschers näher verwandt ist, als man sich vorzustellen pflegt, kennt ewig unverbrüchlichen Gesetzen gegenüber das gleiche Gefühl der Verantwortlichkeit. Geschworene Zeugen vor dem Richterstuhl der Wirklichkeit streben sie beide nach der Erkenntniss der Welt wie sie ist, innerhalb der uns durch die Natur unseres Intellects gesteckten Grenzen. Was aber den Forscher für diesen beängstigenden Druck, unter dem er arbeitet, vollauf entschädigt, das ist das Bewusstsein, dass auch die geringste seiner Leistungen ein Schritt vorwärts ist über die höchste Stufe seiner grössten Vorgänger; dass sie möglicherweise den Keim unermesslich wichtiger theoretischer Einsichten und praktischer Errungenschaften enthält, wie die Wollaston'schen Linien im Spectrum den der Spectralanalyse; dass solcher Preis nicht bloss dem von der Natur erhobenen Genie, sondern auch dem gewissenhaften Fleisse des mittelmässig Begabten winkt; endlich dass die Wissenschaft, indem sie dem menschlichen Geist die Herrschaft über die Natur verleiht, das absolute Organ der Cultur ist; dass ohne sie nie eine wahre Cultur geworden wäre, und dass ohne sie die Cultur mitsammt der Kunst und ihren Werken jeden Tag wieder rettungslos versinken könnte, wie am Ausgang der antiken Welt.

Auch darüber tröstet dies Bewusstsein den Forscher, dass eine gedankenlose Menge, indem sie die ihr so gespendeten Wohlthaten geniesst, kaum weiss, wem sie sie verdankt; dass während der Namen jedes Musikvirtuosen in Aller Munde, und der Unsterblichkeit in den Conversations-Lexicis für die gebildeten Stände gewiss ist, bei uns der Namen dessen so gut wie unbekannt blieb, dem jener höchste Triumph des erfindenden Menschengeistes gelang, über weite Länderstrecken, über Gebirg und Thal durch einen Kupferdraht den Klang einer Stimme vernehmbar zu machen, gleich als spräche sie uns in's Ohr.

»Ernst ist das Wissen, heiter ist die Kunst«, könnte man das Dichterwort wenden, ohne dass es minder zuträfe. Die Kunst ist das

Reich des Schönen, des Schaffens dessen, was durch halb sinnliches, halb seelisches Wohlgefallen uns beglückt, und damit ist gesagt, dass sie im weitesten Umfange ein Reich der Freiheit ist. Hier walten keine starren Gesetze, keine strenge Causalität bindet das Geschehen in der Gegenwart an das in Vergangenheit und Zukunft; kein absolutes Merkmal verbürgt das Gelingen; wechselnder Geschmack der Zeiten, Völker und Menschen maasst sich Lob und Tadel an, wie denn die Herrlichkeit gothischen Kirchenbaues dem achtzehnten Jahrhundert zum Gespött geworden war. Hier wird zu Schanden jene Erklärung des Genies als des Talentes zur Geduld; eine glückliche Offenbarung erzeugt ein uns mit elementarer Gewalt hinreissendes und erhebendes Gebilde, das der nachträglich von der Kunstkritik ihm aufgedrungenen tiefsinnigen Deutung zu spotten scheint; und die begnadete Hand, welche Solches vollbringt, ist auch eine Wohlthäterin der sorgentrüben Menschheit. Leider liegt es in der Natur der Dinge, dass nicht jeder Zeit solche Kraft entspriesst: hier wird Einmal in Einer Richtung das Höchste hervorgebracht, in dessen Nacheiferung dann Menschenalter um Menschenalter verzweifelnd sich abmüht. Die schönsten Kunsttheorien vermögen weder den Einzelnen über die Schranken seines natürlichen Könnens zu erheben, noch im grossen Ganzen einer sinkenden Kunstperiode ein besseres Loos zu bereiten. Was fruchtet das nun schon geraume Zeit die Kunstwelt spaltende Gerede über Idealismus und Naturalismus? Hat es uns vor den oft schwer zu ertragenden Ausschreitungen des letzteren bewahrt? Sucht nach Neuem, dreistes Aufstecken einer Fahne, welcher der unmündige Haufen blindlings folgt, tragen den Sieg davon, bis das Abgelebte irgendwie durch Frisches abgelöst wird, oder bis einer Erscheinung von gebietender Hoheit die Herrschaft unweigerlich zufällt.

Noch weniger kann die strengere Wissenschaft der Kunst aufhelfen, und so einander innerlich fremd, ohne einander wesentlich zu beeinflussen, gehen beide ihren eigenen Weg, jene bald etwas schneller, bald etwas langsamer stetig aufsteigend, diese in erhabenen Wogen auf- und abschwankend. Eine von beiden, die Kunst allein, zum Merkmal höchster Entfaltung menschlicher Geisteskraft stempeln zu wollen, wie es von den der Wissenschaft ferner Stehenden nicht selten geschieht, ist zweifellos ein Irrthum; aber freilich leuchtet der Menschengeist am hellsten, wo Glanz der Kunst mit Glanz der Wissenschaft sich eint.

Übrigens findet hier etwas Ähnliches statt wie in der praktischen Ethik. Je tiefer gesunken die Sitten einer Zeit, eines Volkes sind, um so mehr bekanntlich wird von Tugend geredet. Je mehr naturwüchsige Schöpfungskraft versagt und versiegt, um so höher schwillt

die Fluth aesthetischer Theorien. Hermann Lotze's 'Geschichte der Aesthetik in Deutschland' bietet ein ermüdendes und entmuthigendes Bild dieser langen und fruchtlosen Bemühungen. Die Philosophen aller Schulen haben sich in abstracten Formeln überboten, um begrifflich festzustellen, was Schönheit sei. Sie sei die Einheit in der Mannigfaltigkeit, oder die Zweckmässigkeit ohne Zweck, oder die unbewusste Vernunftmässigkeit, oder das Absolute in sinnlicher Existenz, oder die genossene Harmonie des absoluten Geistes, und Ähnliches mehr. Aber zwischen diesen allem Schönen zugeschriebenen, angeblich sein Wesen ausmachenden Eigenschaften, und der Empfindung selbst des Schönen, ist kaum mehr Zusammenhang als zwischen den Aether- und Schallschwingungen und den uns dadurch zum Bewusstsein gebrachten Qualitäten. Es dürfte denn auch wohl ein verfehltes Unternehmen sein, einen Ausdruck zu ersinnen, der die mannigfaltigen Arten der Schönheit gleichmässig deckte: die Schönheit des Kosmos im Gegensatz zum Chaos, einer Gebirgsaussicht, einer Symphonie, eines Dichtwerkes, der Ristori als Medea, einer Rose; oder allein in der bildenden Kunst die Schönheit des Kölner Doms, des Hermes, der Sixtinischen Madonna, eines Genrebildes, einer Landschaft, eines Stilllebens, eines Japanischen Rankengeflechtes. Sagen wir lieber, dass wir hier, wie an so vielen Punkten, auf ein Unerklärliches in unserer Organisation stossen; ein Unaussprechliches, aber darum nicht minder sicher Empfundenes, ohne welches das Leben uns schmucklos grau dahinflösse.

Bei Schiller findet sich eine Untersuchung über die Schönheit des menschlichen Körpers. Er unterscheidet eine architektonische Schönheit und eine solche, welche auf Anmuth beruht. Vor zwanzig Jahren am gleichen Tage, in einer Rede über Leibnizische Gedanken in der neueren Naturwissenschaft, bekämpfte ich den Rationalismus in der Aesthetik, in welchem das vorige Jahrhundert vielfach befangen war, und ich wagte unter anderem den Ausspruch: »So wenig »wie für die Wirkung der Melodie, ist eine Erklärung für die Anziehung »denkbar, welche die schönen Formen des einen Geschlechtes auf das »andere ausüben.« Bei näherer Überlegung ist in der That gar nicht einzusehen, warum gerade diese Form, die man nach Fechner durch eine trockene Gleichung mit drei Variablen darstellen könnte, mehr als tausend andere Möglichkeiten uns beglückt. Aus keinem abstracten Princip, keiner Architektonik, keiner Hogarth'schen Wellenlinie lässt sich dies ableiten. Ein Jahr nach meiner Bemerkung erschien aber Charles Darwin's *Descent of Man*, worin die in der *Origin of Species* nur angedeutete Lehre von der geschlechtlichen Auslese ausführlich abgehandelt und in ihre Consequenzen verfolgt wird. Noch steht mir lebhaft im Gedächtniss, wie unser Dove, als ich einst ihm gegenüber

die Berechtigung des Vitalismus bestritt, mich mit dem Einwand in Verlegenheit setzte, dass in der organischen Natur, beispielsweise in dem Gefieder eines Pfaues oder Paradiesvogels, Luxus herrsche, da doch MAUPERTUIS' Satz von der kleinsten Action in der unorganischen Natur solche Verschwendung ausschliesse. Nun war dies Räthsel gelöst: unter der Voraussetzung freilich, dass man auch Thieren in ihrer Art einigen Schönheitssinn zugestehe. Das farbenprächtige Hochzeitskleid der männlichen Vögel ist entstanden, indem die Weibchen dem am besten geschmückten Freier den Vorzug schenkten, so dass eine immer reicher verzierte Nachkommenschaft erwuchs. Die männlichen Paradiesvögel sieht man zur Zeit der Paarung ihre Schönheit vor den Weibchen wetteifernd zur Schau tragen. Die melodische Begabung der Nachtigall kann man gleichfalls so zu Stande gekommen sich denken, wenn man den Nachtigallenweibchen, statt des Gefallens an bunterem Gefieder, musikalische Empfindung zuschreibt. DARWIN spinnt seinen Gedanken weiter dahin aus, dass auch beim Menschengeschlecht gewisse Merkmale der Geschlechter, der würdevolle Bart des Mannes, der herrliche Kopfschmuck des Weibes, durch geschlechtliche Auslese entstanden sein möchten. Es ist bekannt, wie durch die oft wiederholte Einführung schöner Tscherkessischer Sclavinnen in die Harems der vornehmen Türken der ursprüngliche mongolische Typus oft zu edelster Gestalt umgewandelt worden ist. Noch höher hinaufsteigend dürfen wir aber jetzt in demselben Gedanken die Antwort auf die Frage finden, worin die Anziehung wurzele, welche die weibliche Schönheit auf den Mann übt. Nach unseren Vorstellungen ist das Weib nicht aus einer Rippe des ersten Mannes geschaffen worden, was auf morphologische Schwierigkeiten stösst, sondern der Mann selber war es, der im Lauf zahlloser Geschlechter durch natürliche Züchtung das Weib so sich erschuf, wie es ihm gefällt, und umgekehrt so das Weib sich den Mann. Dies nun nennen wir schön; man braucht aber nur einen Blick auf eine RUBENS'sche und eine TITIANische Venus zu werfen, vollends an die verschiedenen Menschenrassen zu denken, um zu erkennen, wie wenig selbst dies Schöne ein absolutes sei.

Einen Fall, in welchem es scheint, als lasse sich Schönheit noch am besten zergliedern, bietet die Schönheit dar, welche man die mechanische nennen kann, und welche am wenigsten beachtet ist, weil zu ihrer Würdigung eine besondere Schulung des Auges gehört. Es ist die Schönheit, welche eine Maschine oder ein physikalisches Instrument besitzen kann, an welchen jeder Theil das richtige Maass, die richtige Gestalt und Lage für seine Verrichtung hat. Auf sie passt allenfalls die Definition der unbewussten Vernunftmässigkeit,

denn hier lässt sich das Wohlgefallen mit Fug und Recht darauf zurückführen, dass wir, bei genügender Bildung, unbewusst inne werden, wie genau das Nöthige geschehen ist, um Festigkeit mit Leichtigkeit, und nach Bedürfniss mit Beweglichkeit zu möglichst vortheilhafter Kraftübertragung, ohne unnützen Aufwand an Stoff zu verbinden. Zwar ein Treibriemen erscheint weder schön noch unschön; aber da die Festigkeit einer Bläuelstange in der Mitte ihrer Länge am stärksten beansprucht wird, so gefällt es dem *visus eruditus*, sie von den Enden nach der Mitte zu angemessen anschwellen zu sehen. Diese Art von Schönheit ist natürlich erst neueren Ursprungs, und es verdient bemerkt zu werden, dass sie bei dem Bau unserer physikalischen und Messinstrumente meines Wissens zuerst in Deutschland, nämlich von Georg von Reichenbach in München, verstanden und zum Princip erhoben wurde. Zur Zeit, wo aus den Münchener und Berliner Werkstätten schon Instrumente von vollendeter mechanischer Schönheit hervorgingen, kamen aus Frankreich und England noch solche zu uns, an welchen gekünstelte Säulchen und verschnörkelte Karniesse an die unreinen Formen in der Architektur und dem Mobiliar des Rococo's widerwärtig erinnerten.

Ich weiss nicht welcher französische Mathematiker im vorigen Jahrhundert beim Anblick der St. Peters-Kuppel in Rom versuchte, von dem Eindruck vollkommenster Befriedigung des Auges, welchen sie hervorbringt, sich Rechenschaft zu geben. Er maass die Krümmungen der Kuppel aus, und fand, dass ihre Gestalt gerade die ist, welche unter den gegebenen Umständen nach den Regeln der höheren Statik das Maximum der Stabilität liefert. Unbewusst, durch sicheren Instinct geleitet, hat also Michelangelo an seinem Modell (denn die Kuppel wurde erst nach seinem Tode aufgeführt) eine Aufgabe gelöst, die ihm mit Bewusstsein kaum verständlich, ja zu seiner Zeit noch nicht einmal mathematisch zu behandeln gewesen wäre. Es scheint übrigens, als habe in diesem Falle die Schönheitsgleichung, so zu sagen, mehrere Wurzeln; denn es giebt mindestens noch eine andere Kuppelform, als deren Typus mir die des Val-de-Grâce in Paris vorschwebt, welche einen ebenso befriedigenden, wenn auch vielleicht nicht so erhebenden Eindruck macht, wie die Michelangelo's.

Hier greift, wie man sieht, die mechanische Schönheit in die Baukunst ein, und dies geschieht heute um so häufiger, je mehr die Eisenconstructionen der Neuzeit im Vergleich zu Steinbauten Gelegenheit geben, mechanische Schönheit zu entfalten. Das veränderte Material hat nach Anton Hallmann's Ausdruck eine veränderte Statik des Gefühles zu Wege gebracht. In dem Eiffel-Thurm offenbarte sich die mechanische Schönheit wohl zum ersten Male Vielen, welche sonst

nicht Gelegenheit hatten, ihre Wirkung zu empfinden, und gewiss entbehrt ihrer die neue Forth-Brücke nicht. Doch ist keine Frage, dass auch in den Steinbauten neben vielem Hergebrachten und gewohnheitsmässig Wohlgefälligem das Gefallen an bestimmten Formen, an der zarten Schwellung und Verjüngung der dorischen Säule nach oben, ihrer Verbreiterung zum Echinus und Abacus, an dem Profil der architektonischen Glieder auf mechanischer Schönheit beruhe, und ebenso auf dem Vermissen ihres wohlthätigen Eindruckes der Widerwille, den die sinnlose Ornamentation des Barockstiles dem geläuterten Geschmack einflösst.

Sogar in den Gebilden der organischen Natur spielt mechanische Schönheit eine Rolle, ja bis zu dem Grade, dass Manches, was dem unerzogenen Auge Grauen erweckt, das geschulte Auge ergötzt und mit Bewunderung erfüllt. Sie ist es, welche der Anatom in der Bildung der Knochen, besonders der Gelenke, freudig erkennt; welche ihm noch aus anderen Gründen, als aus dem Gegensatz zu der Art wie die Alten den Tod gebildet, einen Todtentanz abgeschmackt erscheinen lässt; welche schon Benvenuto Cellini, was ihm alle Ehre macht, am Skelet aufgefasst hatte; und welche, reichte nur unser Verständniss aus, bis in's Aquarium, ja bis unter das Mikroskop, jede organische Form uns verklären würde. Selbst in dem Aufbau des Pflanzenleibes weist Hr. Schwendener die für die Organisation charakteristische, mit dem Material sparende Erhaltungsmässigkeit nach, wovon wir beim Anblick eines breit wurzelnden, sein kräftiges Gezweig nach Luft und Licht ausstreckenden Eichenstammes wohl etwas empfinden.

Wenn nun aber auch die Wissenschaft, wie wir sahen, der Kunst das ihr zu Zeiten ausgehende Leben nicht einzuhauchen, neuen Schwung ihr nicht zu ertheilen vermag, so ist sie doch stets im Stande, ihr unschätzbare Dienste anderer Art zu leisten, indem sie ihre Einsichten mehrt, ihre technischen Mittel vervollkommnet, sie nützliche Regeln lehrt und vor Fehlern behütet. An so Rohes, wie Bereitung von Pigmenten oder Kunstgriffe beim Erzguss denken wir hier um so weniger, als merkwürdigerweise unsere heutigen Farben bekanntlich schlechter halten als die einer ganz unwissenschaftlichen Vorzeit, und als unübertroffene Dünnwandigkeit ein Merkmal ächtgriechischer Bronzestatuen abgiebt. Auch kann es kaum nöthig sein, an die schon seit lange bekannten Vortheile dieser Art zu erinnern, welche wissenschaftliche Erkenntniss der Kunst verschafft hat. Die Linearperspective ist von Lionardo und Dürer selber erfunden worden; die den antiken Malern, nach den Pompejanischen Narcissusbildern zu urtheilen, noch unbekannten Gesetze der Spiegelung, die Schattenconstructionen haben sich angeschlossen. In der Darstellung

des Regenbogens, der besser ungemalt bleibt, wurde, trotz den Belehrungen der Optik, viel und arg gesündigt. Die Statik lieferte die besonders dem Bildhauer wichtigen Vorschriften der sogenannten Ponderation. Die Luftperspective verdankt wohl wieder mehr den Malern selber, vorzüglich nördlicherer Länder, ihre Ausbildung.

Zur richtigen Zusammenstellung der Farben wurden die grossen Meister vergangener Jahrhunderte schon allein durch ihr Gefühl geleitet, wie, nach Johannes Müller, jederzeit auch geschmackvolle Frauen bei der Wahl ihrer Kleidung das Rechte trafen; und die morgenländischen Teppichweber sind darin nicht zurückgeblieben. Allein der Sinn dessen, was so unbewusst gelang, konnte erst durchschaut werden, nachdem durch die älteren Darwin, durch Goethe, Purkiňe, Johannes Müller und Andere die subjective Physiologie des Gesichtsinnes geschaffen worden war. Diese Dinge sind von unserem Mitgliede, Hrn. Ernst von Brücke, in seiner 'Physiologie der Farben für die Zwecke des Kunstgewerbes' mit solcher Sachkenntniss abgehandelt worden, wie sie nur durch das seltene Zusammentreffen der im Atelier seines Vaters erworbenen künstlerischen Bildung mit seinem physiologischen Wissen ermöglicht wurde. Auch Hr. von Helmholtz stellte seine tiefen physiologisch-optischen Einsichten in gemeinfasslichem Vortrage in den Dienst der Kunst, die ihm schon auf dem Gebiete der musikalischen Harmonie so wichtige Aufschlüsse verdankte. Er klärte unter Anderem das Verhältniss auf, in welchem die Helligkeitsunterschiede der wirklichen Gegenstände zu denen stehen, über welche der Maler gebietet, und er wies auf die Mittel hin, deren dieser sich zu bedienen hat, um die daraus erwachsende Schwierigkeit zu besiegen. Durch die Nachahmung der von ihm in ihrer wahren Bedeutung erkannten Irradiation, eines Fehlers unserer Gesichtswahrnehmungen, ist der Maler sogar in Stand gesetzt, den blendenden Eindruck der Sonnenscheibe vorzutäuschen; wovon das Castell Gandolfo von Roqueplan in der Raczynski'schen Galerie ein durch seine Kühnheit interessantes Beispiel bietet. Auch die Vorstellung der Sterne als Sterne, nach denen die Ordenssterne gebildet und die Seesterne genannt werden, beruht auf Fehlern unserer Augen, da die Sterne am Himmel nur leuchtende Punkte ohne Strahlen sind, wie auch einige bevorzugte Augen sie sehen. Der Heiligenschein jedoch, das Phosphoresciren heiliger Köpfe, welches in die Nacht des Correggio auf das ganze Christuskind sich erstreckt und die Scene objectiv beleuchtet, hat hiermit nichts zu thun, sondern sofern er nicht ganz freiem Spiel der Phantasie entsprang, lässt er sich nach Hrn. Exner vielleicht auf den Lichtkranz zurückführen, welchen man im Sonnenschein auf bethauter Wiese um den Schatten des eigenen Kopfes sieht.

Durch einen anderen Fehler des menschlichen Auges, den Astigmatismus, dessen höhere Grade, wie die Kurzsichtigkeit, schon der Pathologie angehören, konnte Hr. Richard Liebreich gewisse lange ganz unbegreiflich gebliebene Eigenheiten erklären, welche die letzten Werke des ausgezeichneten Englischen Landschaftsmalers Turner entstellen, und vor welchen es einem heutigen Augenarzte leicht gewesen wäre, ihn bis zu einem gewissen Grade durch eine wagerechte Cylinderlinse zu schützen. Die altbekannte, aber erst in unseren Tagen genauer ergründete Farbenblindheit ist noch ein anderer, sehr häufiger Fehler unseres Auges, dem am Ohre der Mangel an Unterscheidungsvermögen für die Tonhöhe entspricht. Ein farbenblinder Maler ist vielleicht nicht so undenkbar wie ein Musiker ohne Gehör; beide werden nichts Erfreuliches zu Stande bringen, und zu helfen ist keinem von beiden.

Die Grenzen zu ziehen, jenseit welcher gewisse optische Kenntnisse dem Künstler nichts mehr nützen können, möchte nicht gut angehen. Die Gesetze der Augenbewegungen zu kennen, zu wissen worin das Sehen in die Nähe von dem in die Ferne sich unterscheidet, Johannes Müller's Bemerkungen über den menschlichen Blick aus seiner Jugendschrift über die 'vergleichende Physiologie des Gesichtssinnes' sich zu eigen gemacht zu haben, wird keinen Maler gereuen. Doch muss zugestanden werden, dass er ein Auge vortrefflich darstellen könne, ohne etwas von den Sanson'schen Bildchen zu wissen, auf denen der sanfte Glanz eines milde, wie das wilde Feuer eines zornig dareinschauenden Auges beruht; ganz wie der Landschafter den blauen Himmel auf seine Leinwand nicht besser übertragen wird, wenn er gelernt hat, die Jahrtausende lang unbemerkt gebliebenen, seit Haidinger's Entdeckung den Physiologen vertrauten gelben Büschel in jedem durch die Sonne gelegten grössten Kreise der Himmelskugel zu erkennen.

Dagegen in der vielumstrittenen Frage nach der Polychromie der antiken Statuen und Bauwerke und nach der Zweckmässigkeit sie nachzuahmen, hat man, wie mir scheint, eine Bemerkung der Physiker bisher nicht genug beachtet. Es ist die, dass in sehr starker Beleuchtung alle Farben weisslich werden, so dass an dem unmittelbar im Fernrohre betrachteten Sonnenspectrum fast jeder Farbeneindruck schwindet; nur am rothen Ende bleibt noch ein hellgelber Schimmer bestehen. Indem die Farben weisslich werden, mindert sich ihr greller Gegensatz, sie fliessen mehr harmonisch ineinander. Daher unter freiem Himmel der feuerrothe Rock der Contadina, der auf Hrn. Oswald Achenbach's Campagna-Bildern fast so bezeichnend wiederkehrt wie auf Wouwerman's kriegerischen Scenen der Schimmel, keinen das Auge verletzenden Eindruck macht. Unter dem leuchtenden griechischen Himmel mochten die mehr oder minder grell bemalten

Architekturen und Bildsäulen einen gefälligen Anblick gewähren, im grauen nordischen Lichte, vollends in geschlossenen Räumen sind sie nicht glücklich angebracht.

Von einer anderen Seite her hat Wheatstone der zeichnenden und malenden Kunst eine werthvolle Bereicherung ihrer Einsichten verschafft, indem sein Stereoskop den Unterschied klarlegt, der das binoculare Sehen näherer Gegenstände grundsätzlich auszeichnet vor dem monocularen Sehen, wie auch vor dem binocularen Sehen so entfernter Gegenstände, dass der Abstand der Augen gegen ihren Abstand verschwindet. Letzteres ist die einzige Art, wie der Maler die Natur wiederzugeben im Stande ist, daher er die Tiefendimension nur durch Luftperspective und durch Abschattirung auszudrücken, jedoch nie eine wahrhaft körperliche Erscheinung auf seiner Bildfläche zu erzeugen vermag. Während Wheatstone's Pseudoskop ein menschliches Gesicht unerhörterweise concav zeigt, vergrössert das Helmholtz-sche Telestereoskop gleichsam den Abstand der Augen, und löst ohne Luftperspective die ferne Baum- oder Bergwand in ihre verschiedenen Gründe auf. Das Stereoskop mit beweglichen Bildern aber bestätigt die, wie ich glaube, von dem alten Dr. Robert Smith herrührende Deutung des vielbesprochenen Umstandes, dass Mond und Sonne am Horizont um fast zwei Zehntel ihres Durchmessers grösser erscheinen als im Zenith, und führt das Räthsel darauf zurück, weshalb wir die Himmelswölbung als Uhrglas und nicht, wie wir sollten, als Halbkugel sehen.

Aber von noch ungleich grösserer Bedeutung für die bildenden Künste sollte die fast zu gleicher Zeit mit dem Stereoskop entstandene Photographie werden. Nicht allein erleichterte sie die Arbeit des Architektur-, Intérieur- und Vedutenmalers, und machte, sogar für Rundsichten, die Camera clara überflüssig, sondern sie gab auch vielfach nützliche Fingerzeige in Betreff von Licht und Schatten, Reflexen und Halbdunkel, und überhaupt der Art, körperliche Gebilde in einer Ebene möglichst naturgetreu hervortreten zu lassen. Sie lehrte Felsen mit geologischer, Pflanzenwuchs mit botanischer Treue wiedergeben, und Gletscher darstellen, was noch kaum versucht worden, jedenfalls nicht gerathen war. Das Bild der Wolken hielt sie fest, wenn es ihr auch dazu etwas an Überblick des Himmels fehlte. Endlich den Bildnissmaler unterstützte sie, ohne seinen Neid zu erregen, denn indem sie nur einen einzelnen, oft langweilig gespannten Ausdruck auffing, war sie seiner Aufgabe nicht gewachsen, ein mittleres Bild des Menschen herzustellen, und die ungefällig starre photographische Physiognomie wurde fast sprichwörtlich für ein schlechtes Portrait. Aber sie lieferte ihm doch in vielen Fällen eine unersetzliche, wenn auch von ihm erst künstlerisch zu belebende Unterlage.

Allein die neuere Gestaltung der Bildnissphotographie ist geeignet, die Aufmerksamkeit des Künstlers nach mehreren Richtungen zu beanspruchen. Die Augenblicksphotographie fasst Gesichtsausdrücke und Stellungen während eines so kurzen Zeitraumes auf, dass sie dadurch wieder gut macht, was sie in Bezug auf den mittleren Ausdruck entbehren lässt, und zu höchst werthvollen Wahrnehmungen führt. Duchenne und Darwin haben die Lehre vom Gesichtsausdruck in den Leidenschaften neugeschaffen, ersterer indem er durch elektrische Reizung der Gesichtsmuskeln die verschiedenen Ausdrücke nachahmte, letzterer indem er ihrer phylogenetischen Entwickelung in der Thierreihe nachging. Beide haben den Künstler mit photographischen Abbildungen solcher Gesichtsausdrücke beschenkt, neben welchen die demselben Zwecke dienenden Vorlegeblätter der Kunstschulen völlig veraltet erscheinen. Seitdem ist der englische Anthropologe Mr. Francis Galton auf den Gedanken gekommen, photographisch eine Aufgabe zu lösen, welche dem Künstler gerade so unzugänglich war, wie dem Photographen die Wiedergabe des mittleren Gesichtsausdruckes einer Person, nämlich die mittlere Gesichts- und Schädelbildung einer beliebigen Anzahl von Menschen von gleichem Alter, Geschlecht, Beruf, gleicher geistiger Bildungsstufe oder von gleichen verbrecherischen Neigungen in Einem typischen Bilde zusammenzufassen. Dies geschieht, indem auf demselben Negativ die schattenhaften Bilder aller dieser Gesichter zur Deckung gebracht werden. Professor Bowditch von der Harvard Medical School hat auf diese Art das mittlere Bildniss oder den Typus von amerikanischen Studenten und Studentinnen, von Pferdebahnkutschern und -Schaffnern aufgenommen. Im letzteren Falle ist es sehr auffallend, wie der Schaffner-Typus den Kutscher-Typus an geistigem Ausdruck überragt. Das wäre etwas für Lavater und Gall gewesen.

Selbst die Pathologie drängt sich hier in den Dienst der bildenden Kunst. Hr. Charcot hat in den photographisch festgehaltenen krampfhaften Stellungen und Gesichtsverzerrungen der Hysterischen die classischen Darstellungen von Besessenen wiedererkannt. Das Merkwürdigste in dieser Beziehung ist wohl, den sonst nur im Idealen verweilenden Rafael auf seiner Transfiguration bei der Figur des besessenen Knaben so realistisch verfahren zu sehen, dass man aus der Magendie'schen Augenstellung des Kranken mit einiger Sicherheit ein centrales Leiden diagnosticiren kann.

Noch nach einer anderen Seite hat die Entwickelung der Photographie der Kunst wichtige Aufschlüsse gegeben. Im Jahre 1836 stellten die Gebrüder Wilhelm und Eduard Weber in ihrem berühmten Werk über die 'Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge' einen

gehenden Menschen in den theoretisch erschlossenen Stellungen dar, welche er während der Dauer eines Schrittes folgweise einnehmen muss. Dabei zeigte sich das Sonderbare, dass zwar zu Anfang und zu Ende des Schrittes, wo der Mensch eine kurze Zeit auf beiden Füssen ruht, die Abbildung vollkommen richtig aussah, so, wie schon immer die Maler gehende Menschen darzustellen gewohnt waren, dass aber in der Mitte des Schrittes, wo das sogenannte Spielbein am Standbein vorbeipendelt, der fremdartigste, ja lächerlichste Anblick sich darbot; der Mensch schien, wie ein betrunkener Dorfmusikant, über seine eigenen Füsse zu stolpern, und nie hatte Jemand einen gehenden Menschen in solcher Lage gesehen. Die Gebrüder Weber schlagen auf der letzten Seite ihres Werkes zwar vor, die Richtigkeit ihrer schematischen Zeichnungen mit Hülfe der sogenannten stroboskopischen Scheiben von Stampfer und von Plateau zu prüfen, welchen sie übrigens schon die vortreffliche, uns erst vor wenigen Jahren als eine Neuigkeit aus Amerika unter dem Namen »Zootrop« oder wohl gar »Vivantoskop« zugekommene Form geben; doch ist mir nicht bekannt, dass dieser Vorschlag wirklich ausgeführt worden sei.

Hr. Wilhelm Weber hat aber erlebt, dass nach fast einem halben Jahrhundert die Augenblicksphotographie ihm und seinem Bruder vollkommen Recht gab. Mr. Muybridge in San Francisco wandte sie zuerst an, um die aufeinanderfolgenden Stellungen von Pferden in verschiedenen Gangarten aufzufassen. Dabei zeigte sich dasselbe wie an den Weber'schen schematischen Zeichnungen, es kamen Bilder zum Vorschein, wie sie in Wirklichkeit Niemand gesehen zu haben glaubte. Auf Strassenscenen, Aufzüge u. d. m. gerichtet, fing die Camera häufig Bilder von Menschen in ebenso wunderlichen Stellungen auf, wie die, welche die Gebrüder Weber ihnen aus theoretischen Gründen ertheilt hatten. Nicht anders verhält es sich mit den wunderbaren Reihen von Bildern eines fliegenden Vogels, welche Hr. Marey mittels seiner photographischen Flinte erzielt hat.

Die Erklärung ist bekanntlich gewesen, dass, wenn ein Gegenstand mit periodisch veränderlicher Geschwindigkeit sich bewegt, wir einen stärkeren und dauerhafteren Eindruck davon in den Lagen erhalten, in welchen er länger verweilt, einen schwächeren und flüchtigeren in den Lagen, die er schnell durchläuft. Auch ohne dies Gesetz zu kennen, wird kein Maler die Schwarzwalder Uhr in einer Bauernstube mit senkrecht herabhängendem Pendel darstellen, da jeder Beschauer fragen würde, warum die Uhr stehe. Weil nämlich das Pendel, wenn es auf einer Seite ausgeschwungen hat und zur Umkehr sich anschickt, nothwendig einen Augenblick stillesteht,

erstrecken, als Gesundheit, Sitte und Anstand die Entblössung des Körpers gestatten, wodurch freilich der Nutzen der Anatomie etwas eingeschränkt wird. Es ist nur gut, dass Anstand, Sitte und Gesundheit bei den Hellenen in dieser Beziehung mehr Freiheit zuliessen, als in England. Glücklicherweise hat uns die Englische Abtheilung der Jubelausstellung vor vier Jahren Gelegenheit gegeben uns zu überzeugen, dass Mr. Ruskin's gefährliche Paradoxien noch nicht durchgedrungen sind, und sie über Mr. Alma Tadema's und Mr. Herkomer's herrlichen Gaben zu vergessen. Mr. Walter Crane's köstliche Bilderreihen, die Zierde unseres Büchertisches, sind wohl auch nicht ohne einige Auflehnung gegen Mr. Ruskin's wunderliche Doctrin entstanden.

In denselben Vorlesungen erhebt sich Mr. Ruskin mit äusserster Heftigkeit gegen die Descendenz- und Selectionstheorie, und gegen den darauf gestützten Tadel der künstlerischen Gebilde, welche Wirbelthiere mit mehr als vier Extremitäten vorstellen. Er sagt: »Ist ein mehr willkürliches oder mehr der Begründung entbehrendes »Gesetz denkbar? Wie stark auf drei Füssen stehende Thiere könnte »es gegeben haben! wie symmetrisch strahlende fünffüssige! wie sechs-»flüglig beschwingte! wie vorsichtig aus sieben Köpfen um sich »schauende! Wäre der Darwinismus wahr gewesen, so hätten wir »Menschen längst mit unserem thörichten Denken uns statt Eines »Kopfes deren zwei angeschafft, oder über unserem sehnsüchtigen »Herzen hundert begehrliche Arme und zugreifende Hände ausgestreckt, »und uns in Briareische Cephalopoden verwandelt.«

Es ist danach klar, dass dieser falsche Prophet keine Ahnung von dem hat, was wir in der Biontologie einen Typus nennen. Kann es nöthig sein, es Sir Richard Owen's und Prof. Huxley's Landsmann vorzuhalten: Jedes Wirbelthier hat zur Grundlage seines Körpers, daher es so heisst, eine Wirbelsäule, vorn zum Schädel sich entfaltend, hinten zum Schwanze verkümmernd; vorn und hinten umgeben von zwei Ringen, dem Schulter- und dem Beckengürtel, von welchen die vorderen und hinteren Extremitäten, gesetzmässig gegliedert, herabhängen. Dass die Palaeontologie nie eine Wirbelthierform aufgedeckt hat, welche aus diesem Typus sich entfernte, ist gerade ein schlagender Grund für die Abstammungslehre und gegen die Annahme wiederholter Neuschöpfungen; denn es ist nicht einzusehen, weshalb eine frei schaffende Macht sich solche Beschränkung sollte auferlegt haben. So wenig weicht Natur von dem einmal gegebenen Typus ab, dass die Teratologie sogar die Missgeburten darauf zurückführt. Nicht diese sind wahre Monstra; nicht einmal die mit nur Einem Auge mitten in der Stirne, in welchen Hr. Exner

das Urbild der Kyklopen sucht, da denn Flaxman sicher mit Unrecht dem Polyphem drei Augen, nämlich neben den beiden normalen noch ein drittes in der Stirne, zuertheilt hat. Sondern wahre Monstra sind die in der Jugend der Kunst von einer ungezügelten Einbildungskraft erfundenen, ursprünglich aus dem Orient stammenden Flügelgestalten: die Stiere von Nimrûd, die Harpyien, der Pegasus, die Sphinx, der Greif; die Artemis, die Psyche, die Victorien, der Notos vom Windethurm, die Engel des semitisch-christlichen Vorstellungskreises. Das dritte Paar Extremitäten (bei Hesekiel kommt sogar ein viertes vor) ist nicht allein paratypisch, sondern auch mechanisch sinnlos, da es an Muskeln zu ihrer Bewegung fehlt. Mit glücklichem Tacte hat Schiller im Kampf mit dem Drachen es vermieden, das Ungeheuer mit den üblichen Flügeln auszustatten, welchem dann Retzsch in seinen Umrissen eine vergleichend anatomisch immerhin so mögliche Gestalt ertheilte, dass man den Plesiosaurus oder den Zeuglodon wiedergekehrt und zum Landthier geworden vor sich zu haben meint.

An die Flügelgestalten schliessen sich, als ähnliche Greuel, die Kentauren mit zwei Brust- und Bauchhöhlen und doppelten Eingeweiden, der Kerberos und die Hydra mit einer Mehrzahl von Köpfen auf mehrfacher Halswirbelsäule, die warmblütigen Hippokampen und Tritonen, deren Körper, ohne hintere Extremitäten, als kaltblütiger Fisch endet, woran schon Horaz Anstoss nahm. Eher sind noch zu dulden die bocksfüssigen Faunen, deren Hörner, spitze Ohren und Hufe unser Teufel geerbt hat, dessen Drohungen deshalb, in Franz von Kobell's witzigem Apolog, Cuvier als die eines harmlosen Pflanzenfressers verspottet.

Es ist ein sehr merkwürdiges Beispiel der Biegsamkeit unseres Schönheitssinnes, dass wir, auch getränkt mit den Grundsätzen der vergleichenden Anatomie, durch einige unter diesen Missgeschöpfen, wie die Flügelgestalten der Nike, der Engel, unser Auge nicht mehr beleidigt fühlen, und es wäre vielleicht pedantisch, jedenfalls wohl aussichtslos, den Künstlern diese althergebrachten, mehr sinnbildlichen Darstellungen untersagen zu wollen, von denen übrigens die grössten Meister der besten Zeiten nur einen sehr bescheidenen Gebrauch gemacht haben. Doch hat solche Duldung ihre Grenzen. Die Giganten in unserer Gigantomachie, welche auf Schlangen stehen, in welche ihre Oberschenkel auf halber Länge sich verwandeln, also, statt auf zwei Beinen, auf zwei in Köpfen auslaufende Wirbelsäulen, mit besonderem Gehirn, Rückenmark, Herzen, Lungen und Darmkanal — sie sind und bleiben dem morphologisch gebildeten Auge ein unerträglicher Anblick, und liefern den Beweis, dass, wenn die

Pergamenischen Bildhauer an technischem Vermögen ihre Vorgänger in der Perikleischen Zeit übertrafen, sie an künstlerischem Feingefühl hinter ihnen zurückstanden. Sie waren indess zu entschuldigen, sofern Überlieferung sie band, die Giganten durch Schlangenbeine zu kennzeichnen. Die Hippokampen und Tritonen mit Pferdebeinen, welche das Geländer unserer Schlossbrücke verunzieren, rühren her aus einer Zeit, wo die Antike noch uneingeschränkt herrschte, und die morphologischen Anschauungen noch nicht so zum Gemeingut geworden waren, wie sie es heute sein könnten und müssten; und deshalb sei Schinkel, der ja wohl jenes Geländer entworfen hat, verziehen. Was uns aber im Innersten empört, das ist, wenn ein gefeierter Maler der Gegenwart solche Unholde und Unholdinnen, vom Unterleib ab als fette silberglänzende Lachse gestaltet, die Nath zwischen Menschenhaut und Schuppenkleid irgendwie spärlich bemäntelnd, crass realistisch auf Klippen sich rekeln oder in der See umherplätschern lässt. Die Menge staunt solche blauen Meerwunder als geniale Schöpfungen an; welch ein Genie muss dann erst der Höllen-Breughel gewesen sein.

Sonderbar genug: die Urmenschen in den Höhlen des Périgord, Zeitgenossen des Mammuths und des Bisamochsen in Frankreich, die Buschmänner, deren Malereien Hr. Fritsch entdeckte, haben nur ihnen bekannte Thiergestalten möglichst naturgetreu abgebildet, während die vergleichsweise so hoch civilisirten Azteken in scheusslichen Erfindungen Alles Orientalische weit hinter sich liessen. Fast scheint es als ob zum Ungeschmack eine gewisse mittlere Bildung gehöre.

Vielleicht wird man nun den Naturforscher eines Mangels an Folgerichtigkeit zeihen, wenn er in einer anderen Richtung auf Beachtung von Naturgesetzen in der bildenden Kunst gern verzichtet. Die tausend schwebenden und fliegenden Gestalten in den Kunstwerken alter und neuer Zeit freveln unzweifelhaft ebensosehr gegen das allgewaltige, tief empfundene Gesetz der Schwere, wie das greulichste Geschöpf entarteter Phantasie gegen die nur in wenigen Eingeweihten lebendigen Grundgesetze der vergleichenden Anatomie. Und doch stossen wir uns nicht daran, die Sixtinische Madonna auf Wolken stehen, die Nebenfiguren auf diesem unmöglichen Boden knien zu sehen. Das Gesicht des Hesekiel im Palast Pitti ist minder ansprechend; dagegen der Zug der den Troern zu Hülfe eilenden Götter bei Flaxman, Cornelius' apokalyptische Reiter, Ary Scheffer's göttliche Francesca di Rimini, mit welcher Gustave Doré den aussichtslosen Wettkampf aufnehmen musste, uns zur reinsten Bewunderung hinreissen. Wir stossen uns sogar nicht daran, bei Flaxman Schlaf und Tod den Leichnam des Sarpedon durch die Lüfte tragen zu sehen.

Hr. Exner hat schon in einem Vortrage über 'die Physiologie des Fliegens und Schwebens in den bildenden Künsten' die Frage zu beantworten versucht, weshalb uns diese Darstellungen unmöglicher, nie gesehener Zustände von Menschen und Thieren so vertraut und natürlich erscheinen. Ich kann nicht sagen, dass die Lösung, bei welcher er mit Vorliebe stehen bleibt, mir besonders zusagt. Er meint, dass wir beim Schwimmen Ähnliches erfahren, und beim Tauchen (auch ohne Hrn. Hirschberg's concave Luftbrille) an über uns Schwimmenden Ähnliches sehen. Erwägt man, seit wie kurzer Zeit das Schwimmen bei der Europäischen Menschheit in weiteren Kreisen verbreitet ist, vollends von unseren Damen geübt wird, denen die schwebenden Gestalten nicht minder gefallen, so erweckt schon dies Zweifel an Hrn. Exner's Erklärung. Es wäre doch etwas bedenklich, im Sinne Darwin's auf eine aus der Fischzeit des Menschen herstammende, atavistische Empfindungsweise sich zu berufen. Besser gefiele mir schon Hrn. Exner's Bemerkung, auf die ich selber verfallen war, dass wir unter besonders günstigen körperlichen Umständen im Traum zuweilen die beseligende Täuschung des Schwebens und Fliegens haben. Auch

. . . . ist es jedem eingeboren,
Dass sein Gefühl hinauf und vorwärts dringt,
Wenn über uns, im blauen Raum verloren
Ihr schmetternd Lied die Lerche singt,
Wenn über schroffen Fichtenhöhen
Der Adler ausgebreitet schwebt,
Und über Flächen, über Seen
Der Kranich nach der Heimath strebt.

Wer möchte nicht mit Faust der sinkenden Sonne nach- und immer nachstreben und im ewigen Abendstrahl die stille Welt zu seinen Füssen sehen? Aber was wir gerne mögen, davon hören wir auch gern im Liede und sehen es gern im Bilde uns vor Augen gestellt. Der Lust an dem Aufsteigen in den Aether, an Himmelfahrten und ähnlichen Darstellungen, kommt dann noch zu Hülfe der uralte Wahn der Menschheit von den himmlischen Wohnungen der Seligen hoch über uns im Sternenzelt, welchem zwar Giordano Bruno ein Ende gemacht hat, aber doch nicht so gründlich, dass wir in jedem Augenblick uns erinnern, wie übel ein Auffahren in den unendlichen, luftleeren, eisigen Raum uns bekommen würde, wo selbst ein Adler erst nach Jahren auf einem Weltkörper von zweifelhafter Bewohnbarkeit landen könnte.

Was vermag nun wohl umgekehrt die bildende Kunst für die Naturwissenschaft als Entgelt für so viele und mannigfaltige Dienste? Sieht man ab von so äusserlichen Dingen wie Abbildung der Natur-

gegenstände, so bietet sich nicht viel Anderes dar, als die Rückwirkung der Erfahrungen der Maler über Mischung und Zusammenstellung der Farben auf die Farbenlehre, welche indess an Bedeutung nicht vergleichbar ist der der Musik auf die Akustik. Doch wäre noch zu sagen, dass die dem Polyklet zugeschriebene Lehre von den Proportionen des menschlichen Körpers, die zum Nachtheil der alten Kunst nur den Erwachsenen berücksichtigte, neuerlich zur natürlichen Grundlage eines vielversprechenden Zweiges der Anthropologie, der Anthropometrie in ihrer Anwendung auf die Menschenrassen, geworden ist.

Dehnt man den Begriff der Kunst weiter aus bis zu dem des künstlerischen Denkens und Schaffens überhaupt, so fehlt es freilich nicht an Verwandschaft und Übergängen zwischen Künstler und Forscher, wie weit auch nach dem Eingangs Gesagten ihre Pfade sonst auseinandergehen. Doch ist nicht gewiss, dass der Naturforschung künstlerische Auffassung ihrer Aufgaben überall zum Segen gereiche. Die unter dem Namen der Naturphilosophie bekannte Verirrung der deutschen Wissenschaft am Anfange des Jahrhunderts war ebenso sehr aesthetischen wie metaphysischen Ursprungs, und auch Goethe's naturwissenschaftliche Bestrebungen hatten denselben Hintergrund. Diese künstlerische Auffassung der Naturprobleme fehlt darin, dass sie sich damit begnügt, bei schön abgerundeten Bildern stehen zu bleiben, und nicht weiter zum ursächlichen Zusammenhange des Geschehens, zur Grenze unseres Verstehens durchdringt. Sie reicht allenfalls aus, wo es sich darum handelt, mit plastischer Phantasie Analogien organischer Formen zu erkennen, wie des Pflanzenbaues oder des Wirbelthierskelets; sie kommt zu kurz, wo sie, wie in der Farbenlehre, anstatt mathematisch-physikalisch zu zergliedern, sich am Betrachten vermeintlicher Urphaenomene genug sein lässt. Es war Hrn. von Brücke vorbehalten, die Farben trüber Medien, auf welche Goethe seine Farbenlehre gründete, und die in manchen deutschen Köpfen bis auf den heutigen Tag Trübe statt Helle verbreiteten, an der Hand der Undulationstheorie auf ihren physikalischen Grund zurückzuführen, worin der Unterschied zwischen künstlerischer und wissenschaftlicher Behandlung klar hervortritt.

Damit soll jedoch nicht gesagt sein, dass nicht künstlerischer Sinn auch dem theoretischen Naturforscher von Nutzen sein könne. Es giebt eine Aesthetik des Versuches, welche danach strebt, einer experimentellen Anordnung mechanische Schönheit in dem oben bestimmten Sinne zu ertheilen, und nie wird ein Experimentator bereuen, ihren Forderungen nach Möglichkeit entsprochen zu haben. An der Grenze der litterarischen und der naturwissenschaftlichen

Culturperiode einer Nation entspringt sodann dem Einfluss des schwindenden und dem des aufgehenden Genius zuerst das Bestreben zu schöner Darstellung der Naturerscheinungen, wie in Frankreich Buffon und Bernardin de Saint-Pierre, bei uns Alexander von Humboldt zeigen, in welchem diese Neigung bis in sein höchstes Alter lebendig blieb. In der Folge klärt sich diese nicht unbedenkliche Mischung der Stile dahin ab, dass sinnreich geschmückte Darstellung dem gemeinfasslichen Vortrage erhalten bleibt, während der Gang und die Ergebnisse einer wissenschaftlichen Untersuchung nur noch eine Schönheit beanspruchen, die auf litterarischem Gebiet der mechanischen Schönheit entspricht. In diesem Sinne kann, wie ich einmal hier sagte und als wünschenswerthes Ziel hinstellte, eine streng wissenschaftliche Abhandlung in geschmackvoller Hand zu einem Kunstwerk werden wie eine Novelle. Darin das Vollkommene zu erstreben wird dem Naturforscher gleichfalls die Mühe lohnen, sofern es das beste Mittel abgiebt, die lückenlose Richtigkeit der eine Summe von Erfahrungen zusammenfassenden Gedankenreihe zu erproben.

Und an Beispielen von dieser Art von Schönheit, welche dem Talent oft ungesucht und unbewusst in die Feder fliesst, wird denn auch wohl bei Leibniz kein Mangel sein.

Im Anschluss an die Festrede berichtete Hr. Zeller über die Vollendung der akademischen Ausgabe von Leibniz' philosophischen Schriften.

Die Ausgabe der philosophischen Schriften von Leibniz, welche seit 1875 im Verlage der Weidmann'schen Buchhandlung erscheint, ist so eben mit ihrem siebenten Bande zum Abschluss gelangt. Durch dieses Unternehmen, dem das correspondirende Mitglied unserer Akademie, Hr. Gerhardt in Eisleben, seit mehr als zwanzig Jahren eine hingebende und erfolgreiche Arbeit gewidmet hat, ist dem Begründer der deutschen Philosophie, welcher zugleich der unserer Akademie ist, mit Unterstützung der letzteren ein seiner würdiges Denkmal gesetzt worden. Denn diese Ausgabe seiner philosophischen Schriften zeichnet sich vor allen früheren nicht allein durch ihre vortreffliche äussere Ausstattung, sondern auch durch die Vollständigkeit und Urkundlichkeit aus, welche dem Herausgeber durch die sorgfältige Vergleichung des in Hannover aufbewahrten Leibnizischen Nachlasses zu erreichen gelungen ist. Die drei ersten Bände, zu denen der siebente werthvolle Nachträge bringt, enthalten den Briefwechsel, den Leibniz

während eines halben Jahrhunderts nicht blos mit zahlreichen Gelehrten, sondern auch mit andern Personen (wie der Herzog Johann Friedrich von Braunschweig-Lüneburg, Kurfürstin Sophie von Hannover, Königin Charlotte von Preussen, Lady Masham) über philosophische oder mit der Philosophie in Verbindung stehende Fragen geführt hat. Die drei folgenden Bände und der grössere Theil des siebenten bringen nicht blos einen vielfach verbesserten Neudruck der schon früher veröffentlichten philosophischen Arbeiten, sondern sie verbinden damit eine Anzahl von Aufzeichnungen, Abhandlungen und Entwürfen, welche bisher unbekannt an manchen Punkten auf die Entwicklung der Gedanken, in denen das Leibnizische System sich bewegt, ein schärferes Licht zu werfen geeignet sind. Wir bezweifeln daher nicht, dass die nunmehr vollendete neue Ausgabe dieser Schriften allen denen, welche den grossen deutschen Philosophen genauer kennen lernen wollen, in hohem Grade willkommen sein wird.

Darauf hielt Hr. Engler folgende Antrittsrede:

Zum dritten Mal in meinem Leben das Amt meines leider so früh im besten Mannesalter dahingeschiedenen Freundes Eichler übernehmend, bin ich nun auch der Ehre für würdig erachtet worden, an seiner Stelle in diese hohe Körperschaft einzutreten. Gestatten Sie mir, Ihnen nicht nur für die mir persönlich zu Theil gewordene Ehre meinen tiefgefühlten Dank auszusprechen, sondern auch dafür, dass Sie dem Vertreter der sogenannten systematischen Botanik und Pflanzengeographie einen Platz gönnen unter Männern, welche die Lösung der höchsten wissenschaftlichen Probleme zu ihrer Lebensaufgabe gemacht haben. Es sei mir daher erlaubt, in Verbindung mit dem der akademischen Sitte gemäss zu erstattenden Bericht über meine eigene wissenschaftliche Thätigkeit Ihren Blick auch hinzulenken auf die gegenwärtigen Aufgaben der von mir vertretenen botanischen Disciplinen.

Der Beginn meiner wissenschaftlichen Thätigkeit fiel in eine Zeit, zu welcher glanzvolle Entdeckungen auf dem Gebiet der Entwickelungsgeschichte und die Resultate scharfsinniger Forschungen auf dem Gebiet der Pflanzenphysiologie das Interesse an den Formen der höheren Pflanzen theilweise zurückdrängten, andererseits jedoch Darwin's Theorieen und Beobachtungen in der Anschauung derselben vielfach neue Bahnen eröffneten. — Als einen wesentlichen Vortheil darf ich es ansehen, dass ich frühzeitig an monographische Untersuchungen

herantrat und hierbei die feste Überzeugung gewann, dass das an und für sich nicht gerade sehr erquickliche Studium der zahlreichen Formen eines Typus schliesslich doch auch Resultate von allgemeiner Bedeutung ergiebt, sobald man nicht bloss die Unterscheidung und Beschreibung der Formen, sondern die Ermittelung ihrer gegenseitigen Beziehungen und der natürlichen Verwandtschaftskreise zum Zweck der Untersuchung macht. — Die monographische Bearbeitung der Saxifragen führte mich zu der Erkenntniss, dass in den Gebirgssystemen der nördlich gemässigten Zone verschiedene Formenkreise einer Gattung sich unabhängig von einander entwickelt hatten, und dass während sowie unmittelbar nach der Glacialperiode zwischen den einzelnen Gebirgssystemen ein Austausch der Formen erfolgt war. — Als ich dann mehrere grössere, vorzugsweise in den Tropen entwickelte Familien bearbeitete, richtete ich auch bei diesen mein Augenmerk auf die Beziehungen der einzelnen Vegetationsgebiete zu einander und auf ihre Umgrenzung.

Sollte aber von den in den einzelnen Florengebieten vertretenen Formenkreisen auf die Beziehungen der Gebiete zu einander geschlossen werden, dann war es auch nothwendig, die Verwandtschaft der Formen mit allen nur anwendbaren Mitteln festzustellen. Lange Zeit versuchte man dies nur mit Berücksichtigung der äusserlich hervortretenden Merkmale. Anatomische Eigenthümlichkeiten wurden trotz der umfangreichen Arbeiten der Pflanzenanatomen von anderen Botanikern nur wenig beachtet, höchstens von Pharmakognosten und Phytopalaeontologen, wenn sie die von ihnen studirten Pflanzenfragmente nicht anderweitig charakterisiren konnten; dagegen konnte man sich nicht entschliessen, anatomische Merkmale bei der Charakterisirung ganzer Verwandtschaftskreise zu verwerthen, zumal auch häufig äussere Gründe, namentlich der Zustand des Materiales, die Durchführung der vergleichend-anatomischen Untersuchung erschwerten. — Während ein grosser Theil der Anatomen gar kein Interesse daran hatte, die anatomischen Thatsachen für die Systematik zu verwerthen, strebten andere dieses Ziel zwar an, waren aber enttäuscht, wenn die auf anatomischer Grundlage basirende Eintheilung einer Pflanzengruppe mit der oft sehr künstlichen der Systematiker nicht übereinstimmte. — So wurde es bei der Mehrzahl der Botaniker Axiom, dass der anatomische Bau lediglich zu den Existenzbedingungen in Beziehung stehe und für die systematische Gruppirung nicht von Belang sei. Es darf aber nicht unerwähnt bleiben, dass schon im Jahre 1856 Weddell bei den Urticaceen, im Jahre 1865 Milde bei den Equisetaceen anatomische Merkmale zur systematischen Gruppirung mit Erfolg verwendeten. Seit 1872 beschäftigte auch ich mich mit mehreren umfang-

reichen Familien, bei denen der Werth histologischer Verhältnisse sich deutlich herausstellte. Ich kam zu dem Resultat, dass die nahe verwandten Rutaceen, Burseraceen und Simarubaceen sich durch anatomische Merkmale scharf gegen einander abgrenzen, dass andererseits innerhalb der Araceen anatomische Eigenthümlichkeiten die engeren Verwandtschaftskreise in erster Linie charakterisiren; ich konnte darthun, dass die auffallenden Verschiedenheiten im Blüthenbau, welche bei anatomisch gut charakterisirten Gruppen häufig hervortreten, nur verschiedene Stufen eines Gestaltungsprozesses darstellen, der zumeist auf Reduction, auf Vereinfachung des Blüthenapparates beruht.

Nachdem ich auch bei den Bearbeitungen der wärmeren Zonen angehörigen Pflanzen erkannt hatte, dass vielfach ganze Verwandtschaftskreise auf einzelne grössere, geographisch gut begrenzte Gebiete beschränkt sind, andere aber in gegenwärtig getrennten Gebieten auftreten, welche vordem in engerem Zusammenhange standen; — nachdem ich erkannt hatte, dass trotz der grossen Bedeutung des Klimas für den physiognomischen Charakter der Florengebiete oft in physiognomisch vollkommen übereinstimmenden Gebieten die Florenbestandtheile vollig verschieden sind, und dass anderseits oft in physiognomisch recht verschiedenen, aber benachbarten Gebieten systematisch zusammengehörige Formenkreise gleichzeitig vertreten sind; da drängte es mich, die Entwickelungsgeschichte der gegenwärtigen Pflanzenverbreitung im Zusammenhang mit den jüngeren geologischen Veränderungen unserer Erdoberfläche zu studiren. Selbstverständlich musste ich hierzu die Arbeiten zahlreicher Forscher zu Rathe ziehen; namentlich waren es die Arbeiten Alphonse de Candolle's, Sir Joseph Hooker's, sowie auch die nicht ohne Vorsicht zu benutzenden Angaben der Phytopalaeontologen, welche für derartige Untersuchungen eine wesentliche Grundlage bildeten. Auch darf ich nicht unerwähnt lassen, dass gerade für diese Forschungen die bisweilen etwas unterschätzten Arbeiten der Floristen, auch wenn diese noch nicht das Entwickelungsgeschichtliche der Pflanzenverbreitung im Auge hatten, nicht zu entbehren sind. Das beste Rüstzeug aber für pflanzengeschichtliche Forschungen sind gründliche Monographieen von Gattungen und Familien, welche über einen grösseren Theil der Erde verbreitet sind.

Die hier angedeuteten Ziele der systematischen und pflanzengeographischen Forschung werden jetzt von nicht wenigen Botanikern verfolgt; namentlich hat sich eine rege Thätigkeit in der Verwendung der histologischen Merkmale für die Ermittelung natürlicher Verwandtschaftsgruppen entwickelt. Dass auch hierbei bisweilen Fehlschlüsse gemacht werden, ist gewiss; aber trotzdem ist unbestreitbar,

dass diese Methode zur Vertiefung des systematischen Studiums erheblich beiträgt. Auch ist durch die von meinem verehrten Collegen Schwendener begründete Erforschung der physiologischen Bedeutung einzelner Gewebesysteme dafür gesorgt, dass einseitige Auffassungen sich nicht dauernd einwurzeln.

Indem ich hoffe, dass die erwähnten Ziele und Methoden der systematischen und pflanzengeographischen Forschung auch von dieser Körperschaft, der ich nun anzugehören die Ehre habe, gebilligt werden, glaube ich auch zugleich als berechtigte Aufgabe meiner akademischen Verwaltungsthätigkeit die fortdauernde Vermehrung unserer botanischen Sammlungen neben ihre wissenschaftliche Ausnutzung hinstellen zu müssen. Für die vergleichend-anatomischen Untersuchungen ist es nothwendig, auch solche Pflanzen in unseren Gärten zu cultiviren, welche nur selten zur Blüthe kommen; und für pflanzengeographische Arbeiten, wie ich sie vorher angedeutet habe, wird das botanische Museum stets das unerlässliche Material liefern, zu dessen Vervollständigung wir jetzt um so mehr verpflichtet sind, als grosse, botanisch noch völlig unerforschte Gebiete nunmehr von Deutschen nach allen Richtungen hin durchreist werden.

Der Vorsitzende, als Secretar der physikalisch-mathematischen Classe für die physikalischen Wissenschaften, antwortete Hrn. Engler:

Ein eigenes Verhängniss, Hr. Engler, hat über die jetzt von Ihnen eingenommene Stelle eines systematischen Botanikers in der Akademie gewaltet. Dreimal schon sah ich sie leer werden, und dies ist das zweite Mal, dass ich berufen bin, den, der sie ausfüllt, an dieser Stelle feierlich zu begrüssen.

Als ich vor fast vier Jahrzehnden Mitglied der Akademie ward, waren Link und Kunth eben gestorben, und wurden durch Alexander Braun und Klotzsch ersetzt, auf deren Antrittsreden am Leibniztage 1852 Ehrenberg antwortete. Es liest sich heute merkwürdig, wie er es damals für nöthig hielt, für Linné in die Schranken zu treten und dessen künstliche Methode in Schutz zu nehmen; wie er mit sichtlicher Vorliebe Klotzsch's systematische Thätigkeit preist, dagegen Braun's wohl von seiner Jugendzeit her noch etwas naturphilosophisch angehauchte 'Verjüngung der Pflanze' mit Stillschweigen übergeht.

Klotzsch starb schon 1860, und siebzehn Jahre lang wäre die Botanik in der Akademie glänzend zwar, aber doch nur nach Einer

Richtung, durch Braun vertreten gewesen, hätte nicht eine seltene Gunst des Geschicks uns auf aussergewöhnlichem Wege den scharfsinnigen Forscher geschenkt, der gerade bei den niedersten unter Linné's Pflanzen mit verborgener Hochzeit, bei den Algen, den Vorgang der Befruchtung zuerst mit leiblichem Auge belauschte, und seitdem dem tiefsten Probleme des Stoffwechsels, dem Wiederaufbau der organischen Materie in den grünen Pflanzentheilen, seine Bemühungen zuwandte.

Mittlerweile hatte sich über die Systematik im Thier- und Pflanzenreiche die mächtige Woge des Darwin'schen Gedankens ergossen, sie hatte die Trümmer des Alten, vielleicht mehr als zu wünschen, fortgespült, und eine Fülle neuer Fragen aufgeworfen. In der allgemeinen Umwälzung war von den früheren Gegensätzen keine Rede mehr; selbst die von Schleiden etwas gewaltsam angebahnte Reform erschien über Nacht wie veraltet. Nach Braun's Tode 1877 fand eine Neugestaltung des botanischen Unterrichtes bei der Universität statt. Nach dem altbewährten Schema, wie einst Link und Kunth, wurden Hr. Schwendener für allgemeine Botanik, Eichler für Systematik berufen und auch in die Akademie aufgenommen. Damals, an diesem Tage vor zehn Jahren, sprach sich der Umschwung der Wissenschaft in den Antrittsreden der beiden neuen Mitglieder auf das Deutlichste aus, indem Hr. Schwendener ausdrücklich zur mechanischen Naturanschauung sich bekannte, welche er in der Betrachtung des Pflanzenleibes einzubürgern sich bestrebt, Eichler in der durch die Abstammungslehre bedingten veränderten Auffassung der Systematik es ebensowenig an Entschiedenheit fehlen liess.

Sein Erbe, Hr. Engler, treten nunmehr Sie an. Sie haben uns soeben die Gesichtspunkte bezeichnet, welche Sie bei der feineren Ausführung des natürlichen Systemes, durch Berücksichtigung histologischer Charaktere, im Auge halten, ein Vortheil, dessen sich die zoologische Systematik noch nicht bemeistert hat. Im erweiterten Geist der Neuzeit dehnen Sie Ihre systematischen Operationen bis in's palaeophytische Gebiet aus. Allein nicht bloss in Ihrer Eigenschaft als Gelehrter und Forscher setzt die Akademie ihre Hoffnung auf Sie. Der Küchengarten des Grossen Churfürsten, den trotz aller Ungunst der Verhältnisse die Geschichte der Botanik seit anderthalb Jahrhunderten neben dem *Jardin du Roy* und *Kew Gardens* nennt, geht unter Ihrer rüstigen Leitung und unterstützt durch die Colonialpolitik des Deutschen Reiches einer neuen Periode rühmlichen Gedeihens entgegen. Um so mehr freuen wir uns, dass dessen alte Verbindung mit der Akademie durch Sie erhalten und befestigt werden soll. Möge es Ihnen vergönnt sein, länger als Klotzsch und als

Eichler unter uns die *Scientia amabilis* zu vertreten. In diesem Sinne, Hr. Engler, heisse ich Sie heute im Namen der Akademie in unserer Mitte herzlich willkommen.

Hr. Weinhold hielt folgende Antrittsrede:

Die öffentliche Aufnahme in die Königliche Akademie der Wissenschaften erfüllt mich mit erneutem Danke gegen Sie, meine Herren, dass Sie mich zu Ihrem Mitgliede gewählt haben. Sie bewegt mich aber auch zu dankbarer Erinnerung an Männer, welche von früh an Vorbilder meines Lebens und Strebens gewesen sind und die durch lange Zeit die deutsche Philologie in unserer Akademie vertreten haben. Denn unvergesslich muss mir der Eindruck sein, den Karl Lachmann's fest ausgedrückte Persönlichkeit auf mich machte, als ich durch seine Vorlesungen lebendig erfuhr, was es heisse, Denkmäler unserer alten Poesie philologisch behandeln. Und lebhaft stehn die Gestalten von Jacob und Wilhelm Grimm vor mir, zu denen ich mit aller Andacht aufschaute, die ein junges von Begeisterung für deutsche Art und Geschichte bewegtes Herz empfinden konnte.

In jenen Zeiten, da ich mich entschloss, die Bahn meines Lebensschiffleins zu ändern und dorthin zu steuern, wohin mich eine dunkele Ahnung mehr als klare Erkenntniss trieb, war die deutsche Philologie noch eine junge Wissenschaft.

Die Meister, welche dem oberflächlichen Betrieb unserer Alterthumskunde ein Ende gemacht, welche die Regeln der klassischen Philologie auf die Behandlung unserer Sprach- und Litteraturdenkmäler übertragen, welche die praktische Sprachlehre in historische Grammatik umgesetzt hatten, stunden noch in voller Schaffenskraft, und ein kleines Häuflein pietätsvoller Schüler schloss sich eng an sie an. Das Lernen war eine fromme Lust. Man freute sich auf den Wegen der geliebten Meister zu wandeln und hinter ihnen her ergänzende Nachlese zu halten, oder ab und zu Seitenwege zu reuten, die sie gern überliessen, weil sie die Hauptstrassen durch den Wald zu hauen hatten. Aber man verirrte sich dabei nicht in dürres Gestrüpp, worin man den Ausblick verlor. Man strebte gleich den Meistern und Führern nach lichten Höhen, von denen die Überschau möglich war über das ganze Gelände. Man war sich bewusst, dass den Schlag des ganzen Volksherzens verstehen müsse, wer die einzelnen Lebenserscheinungen beurtheilen wolle.

Die wunderbare Natur Jacob Grimm's zog mich vor allem an. Poesie und Wissenschaft, Ahnen und scharfes Sehen, mächtiges

Schaffen im Grossen und liebevolles Bilden des Kleinen lagen in ihm eng beisammen. In dem einzelnen Wort erschien ihm die ganze Begriffswelt, mit der es zusammenhing, und diese Begriffswelt war nichts kalt Abgezogenes, sondern das warme Erzeugniss des sinnlichen und geschichtlichen Lebens des Volkes.

Volkssprache und Volksdenken, Volkssitte und Volksgeschichte lockten mich, und ich begann mit dem Sammeln dafür in meiner schlesischen Heimath, denn der Erdgeruch des Bodens, auf dem man geboren, lässt die Forschung am besten gedeihen.

Neben JACOB GRIMM war JOHANN ANDREAS SCHMELLER mein Muster. Wort und Sache erkannte ich als untrennbar. Die schriftlichen Denkmale der Vergangenheit sollten nicht bloss die Grammatik, das Wörterbuch und das metrische Regelbuch erläutern, sondern das Wissen vom gesammten Leben.

Auf diesen Grundlagen haben sich meine wissenschaftlichen Bestrebungen bewegt.

Ich entwarf den Plan einer grammatischen Darstellung der Dialekte der grossen Volksstämme Deutschlands, und habe einen Theil davon ausgeführt. Im Zusammenhang damit stund mein Versuch, das Gemeinsame wie das Besondere der Sprache unserer mittelalterlichen Blüthezeit darzustellen.

Ich suchte sodann das germanische Leben nach seinen äusseren Bedingungen und seiner inneren Entwickelung zu erforschen und zu schildern.

Die eigenthümlichen religiösen Vorstellungen und Einrichtungen unseres Alterthums reizten mich, in sie einzudringen.

Aus der Geschichte unserer Litteratur wählte ich mir persönliche Erscheinungen, in denen die seelischen Vorgänge ergründen und die Spiegelungen der Zeit erforschen Gewinn verhiess.

Ich weiss sehr wohl, dass meinem Willen die Kraft oft nicht entsprochen hat, und dass ich den Kranz nicht schliessen werde, den ich einst zu winden dachte. Wenigen Bevorzugten nur wird solches beschieden.

Wenn mir aber auf dem neuen Boden, auf den ich bei steilem Abfall meines Lebensweges gerufen ward, gelingen sollte, noch Saat zu ernten, so werde ich es dem ermunternden Vorbilde schulden, das mir so viele Glieder dieser erleuchteten Körperschaft geben, und es wird der beste Dank sein, den ich Ihnen, meine Herren, für den Platz in Ihrer Mitte erweisen kann.

Hr. von der Gabelentz hielt folgende Antrittsrede:

Die Wahl, durch die Sie meine wissenschaftlichen Bestrebungen so wohlwollend anerkannt haben, verpflichtet mich zu aufrichtigster Dankbarkeit. Ich schätze es als ein Glück und als eine Ehre, der hohen Körperschaft anzugehören, die seiner Zeit meinen unvergesslichen Vater in die Zahl ihrer correspondirenden Mitglieder aufgenommen hat. Als ein Glück und als eine Ehre schätze ich es, hier den Platz einnehmen zu dürfen, den länger als ein Menschenalter hindurch Wilhelm Schott innegehabt hat. Ich weiss, was ich diesem Vorgänger verdanke, und die Verpflichtung, dies auszusprechen, empfinde ich heute lebhafter denn je.

Es gab eine Zeit, wo das Chinesische für die schwierigste Sprache der Welt galt, und wo jene Wenigen, die sie zu verstehen vorgaben, als wahre Wundermänner angestaunt wurden. Dem machte Abel Rémusat's didaktisches Geschick ein Ende —, schien es wenigstens zu machen. Die *Élémens de la grammaire chinoise*, lange Zeit hindurch das verbreitetste Lehrbuch seiner Art, schienen mit einem Male den Schleier zu lüften, den Weg durch das Wirrsal zu bahnen. Damals trat auch unser grosser Wilhelm von Humboldt mit Zuversicht an die neu erschlossene Sprache heran. Sein berühmter Brief an den Verfasser der *Élémens* sollte den Einblick in das sich hier offenbarende wunderbare Geistesleben vertiefen, beruht aber doch ganz auf den thatsächlichen Unterlagen, die durch das Lehrbuch gegeben waren. Bald kam die Zeit, wo man an diesen Unterlagen zweifeln lernte. Rémusat's unsterblicher Nachfolger, Stanislas Julien, zeigte in einer Reihe bissiger Streitschriften, dass zum Verständnisse des Chinesischen mehr und Anderes gehöre, als in den *Élémens* stand. Leider war er selbst so wenig Linguist als Philosoph. Chinesisch verstehen hiess in seinem Sinne kaum mehr, als aus dem Chinesischen richtig in's Französische übersetzen. Darin galt er als Meister und gelegentlich als unantastbarer Censor. Allein einen wissenschaftlichen Neubau aufzuführen, war nicht seine Sache, lag jenseits seines Könnens. Den kühnen Gedanken, die chinesische Sprache in einen grammatischen Rahmen zu fassen, der keine andere Voraussetzung gelten lässt, als den Bau und Geist dieser Sprache selbst, hat zuerst Wilhelm Schott ausgesprochen und zu verwirklichen gesucht. Man mag es zugeben, dass seine Chinesische Sprachlehre dem sprachphilosophischen Interesse mehr Rechnung trägt, als dem philologischen; immerhin waren es mehr äusserliche Umstände, die dem genialen Buche die verdiente Anerkennung schmälerten. Auf den Wegen, die Schott gewiesen, müssen wir

Sinologen weitergehen, wenn wir etwas Anderes ausmachen wollen, als eine Art Übersetzungsbureau.

Urtheile man über die Litteratur der Chinesen, wie man wolle: vier Vorzüge kann man ihr nicht abstreiten: den eines sehr hohen Alters, den einer fast lückenlosen Vielseitigkeit, den der vollkommensten Eigenartigkeit und endlich, wenn es ein Vorzug ist, den einer unermesslichen Bändezahl. Die schrifstellerische Arbeit des ältesten und zahlreichsten unter den lebenden Culturvölkern und seine Sprache würden schon als solche eine vorzugsweise Beachtung verdienen. Die chinesische Philosophie spiegelt in einer langen, kämpfereichen Geschichte ein Geistesleben, von dessen Vielgestaltigkeit die landläufigen Schilderungen des Mittelreiches und seiner Bewohner keine Ahnung haben.

Mir aber, da ich doch wohl an dieser Stelle von mir reden muss, mir ist zunächst die chinesische Sprache als solche interessant, das heisst als eine der eigenthümlichsten, zugleich der einfachsten und der mächtigsten Entfaltungen des menschlichen Sprachvermögens. Mein Standpunkt ist der der allgemeinen Sprachwissenschaft, auch dann, wenn ich mich bemühe, dieser Sprache in rein philologischer Arbeit immer neue Feinheiten abzulauschen. Denn in der That ist der Arbeit der allgemeinen Sprachwissenschaft, wie ich sie verstehe, keine verwandter, als die der Philologie. Die sprachgeschichtliche Forschung hat sich da am Glänzendsten bewährt, wo sie es mit Lauten, Wörtern und Wortformen zu thun hatte. Jene Untersuchungen, die sich die Verwandtschaftsverhältnisse der Sprachen festzustellen bemühen, sind manchmal auf dürftige Wörtersammlungen und noch dürftigere Texte und grammatische Nachrichten angewiesen und können darum doch zu ihrem Ziele führen. Wie sich aber jene eigenste Begabung des Menschen zum gegliederten Ausdrucke seiner Gedanken in lautlicher Rede volkweise verschieden äussert, wie diese Äusserungen in Wechselwirkung stehen zum Geistesleben der Völker: das zu beantworten dürfte nur dem zustehen, der sich in die fremden Sprachen wahrhaft eingelebt hat. Verdient die Geschichte der Sprachen und Völker, verdienen ihre Wanderungen und Wandelungen, ihre Spaltungen und die dabei wirksamen Mächte die sorgsamste Untersuchung: so hat es nicht minderes Interesse, in der Vielheit der Völker die eine Menschheit und in der Mannigfaltigkeit ihrer Sprachen, die Äusserung einer allgemeinsamen Anlage zu suchen und nun weiter zu arbeiten an der Aufgabe, die uns Humboldt gestellt hat. Diesem Interesse sind auch jene vielberufenen, ärmsten und rohesten Sprachen nicht zu gering; und manche von diesen, — wenn anders ich meinen bescheidenen Erfahrungen trauen darf, — erscheinen bei näherer Be-

trachtung doch besser als ihr Ruf. Gilt es, die Sprachen auf ihren geistigen Werth zu prüfen, so sind kurze Grammatiken in der Regel verdächtige Zeugen. Bis vor Kurzem war man nur zu schnell bereit, aus den äusseren Lebensumständen eines Volkes voreilig geringschätzige Schlüsse auf seine ursprüngliche Beanlagung zu ziehen, und da liess man es sich natürlich gern gefallen, wenn nach Ausweis einer dürftigen Sprachlehre der geistige Haushalt der armen Barbaren nicht besser bestellt zu sein schien, als der leibliche. Seitdem hat man gelernt, jene ungeschriebenen Litteraturen der Naturvölker zu protocolliren, hat von den sinnigen Märchen der Bantu und Hottentotten, von dem wunderbar metaphysischen Mythus der Polynesier gehört, weiss, dass die Australneger, vielleicht die ärmsten und verkommensten unter den Menschen, ein Eherecht entwickelt haben, das mit den wunderlichsten Blüthen des Corpus iuris canonici wetteifern darf, und erkennt je länger je mehr Kraft und Streben auch da, wo das Schicksal die Menschen auf eine niedere Entwickelungsstufe gebannt oder zurückgeworfen hat. Der Geist zeigt seine Flügel auch, wenn er im Käfig aufflattert.

Niedrig stehende Völker sind einseitig entwickelte, sie sind an eng begränzte Berufskreise gebunden. Das muss sich in ihren Sprachen wiederspiegeln, und zwar im Sprachbaue nicht weniger, als im Wortschatze. Gilt es also, den Einfluss der nationalen Lebens- und Denkgewohnheiten recht klar vor Augen zu führen, so sind jene verachteten Barbarensprachen für uns unschätzbar; denn nirgends fliessen die Quellen lauterer. Es war ein grosser, kühner Gedanke, den unlängst Byrne in seinen *Principles of the Structure of Language* ausgesponnen hat. Es mag der scharf- und tiefsinnige Mann in seinen schwerfälligen Deductionen oft zu weit, manchmal fehlgegangen sein; es mag, wie dies in der That leicht nachzuweisen ist, sein Werk in vielen Fällen auch in der Induction an den Folgen unzulänglicher litterarischer Hülfsmittel kranken: die sprachphilosophischen Voraussetzungen, von denen er ausgeht, und die Forderungen, die er stellt, muss ich im Wesentlichen als berechtigt anerkennen. Nicht immer freilich liegen die Dinge so klar, wie bei jenen Sprachen nordamerikanischer Jägerstämme, die in der einseitig reichen Entfaltung ihres Formenwesens dem aufmerksamen Beobachter wahre Indianergeschichten Cooper'schen Stils zu erzählen scheinen. Aber auch da, wo die scharf ausgeprägten Eigenthümlichkeiten der Völkerfamilien und ihrer Sprachstämme weniger sinnfällig zusammen zu stimmen scheinen, bei den Uralaltaiern, den Malaien, den Semiten, den Bantus, wird es hoffentlich gelingen, die verknüpfenden Fäden bloszulegen. Und ist es einmal soweit, welche Fülle der weittragendsten Schlussfolgerungen wird uns dann eröffnet!

Allerdings mag nirgends die Gefahr der Voreiligkeit näher liegen, als hier. Byrne hat in seine Untersuchungen auch Sprachen hineingezogen, die gerade für seine Zwecke unbrauchbar sein dürften. Er hat der Störungen nicht Acht gehabt, denen das Leben der Sprachen wie das der Völker unterworfen ist: der Mischungen und der Verkümmerung durch ungünstige äussere Verhältnisse. Wo dergleichen zu vermuthen ist, da darf man nicht erwarten, dass sich der Parallelismus zwischen Sprache und Volksthum so bald wieder hergestellt habe, da werden die Völker je nachdem besser oder schlechter, vielleicht ganz anders geartet sein, als ihre Sprachen. Ein anglochinesisches Mischvolk, so hoch seine Gesittung sein möchte, würde erst nach der Arbeit vieler Geschlechter sein elendes Pitchen-Englisch zu einer tauglichen Trägerin seines Geisteslebens gestalten. Und sollten doch noch die Tscheroki mit ihren Culturbestrebungen an's Ziel gelangen, so hätten wir dereinst ein Volk von Ackerbauern und Bürgern, das die Sprache eines Jägervolkes redete. Wer weiss, ob nicht schon jetzt ein solches lebt, — am biskaischen Meerbusen. Die sesshaften Finnen, Esthen und Liven reden Sprachen, die ursprünglich nomadenmässig sein mussten, und es gälte zu beobachten, durch welche Mittel diese Sprachen den neuen Bedürfnissen angeglichen worden, mit ihren höheren Zwecken gewachsen sind.

Ein besonderes Interesse knüpft sich für mich an jene Sprachen halbmalaischen Ursprungs, die man zunächst mehr aus geographischen und anthropologischen, als aus linguistischen Gründen die melanesischen genannt hat. Nicht nur wegen des hervorragenden Antheils, den mein unvergesslicher Vater an ihrer Erforschung genommen, sondern noch mehr wegen des bunten Bildes und der vielfachen Räthsel, die sie bieten. Nun wird uns je länger je mehr das vielsprachige Neu-Guinea erschlossen werden. Eine seiner Sprachen, das Mafoor, habe ich und dann Kern dem malaischen Verwandtschaftskreise eingereiht; andere, an der Maclay-Küste, scheinen gleich denen der Australneger Absenker der kolarischen Sprachen Vorderindiens zu sein; und somit, da wir Endpunkte der Wanderungslinie haben, dürfen wir ahnen, welcherlei Sprachen die Vorfahren der heutigen Melanesier geredet haben vor dem Eindringen der malaio-polynesischen Elemente. Jenes syntaktische Unicum, die Sprache der Annatom-Insulaner, wird dann freilich erst recht räthselhaft.

Neigung und Schicksal haben mich bisher dahin geführt, an sehr verschiedenen Punkten des Globus linguarum Umschau zu halten. Oft nur sehr flüchtige Umschau, aber — das hat die Landstreicherei für sich, — überall anregende. Inwieweit ich fernerhin der einen oder anderen dieser Anregungen folgen werde, das hängt nur zum kleinsten Theile von meinem Willen ab.

Hr. Curtius als beständiger Secretar antwortete im Namen der philosophisch-historischen Classe mit folgenden Worten:

Die Ansprachen, mit denen Sie, geehrte Herren Collegen, in unseren Kreis Sich einführen, sind ihrem Inhalte nach, äusserlich betrachtet, so verschieden von einander wie möglich. Die eine führt uns in den uns Allen vertraulichen Kreis des heimathlichen Landes und Volks, die andere in eine weit entlegene Menschenwelt, deren Namen und Gestalten den Meisten von uns durchaus fremd sind. Eins aber ist beiden gemeinsam, die Pflege einer Forschung, welche mehr als alle anderen Forschungszweige den aus dem Alterthum überlieferten Wissenschaften gegenüber eine selbständige Errungenschaft und volles Eigenthum der neueren Culturentwickelung ist, und die zugleich unter allen Geisteswissenschaften der Naturforschung am nächsten steht, indem sie die organische Entwickelung des Menschengeistes, wie sie sich in Lautbildung und Sprachbau bezeugt, zum Gegenstand einer Wissenschaft gemacht hat, von welcher man im klassischen Alterthum keine Ahnung gehabt hat. Dazu kommt ein Anderes, was beim Anhören Ihrer Worte gewiss uns Alle wohlthuend berührt hat. Denn für das wehmüthige Gefühl, das wir an unseren Leibniz-Tagen haben, indem sie uns an den unaufhaltsamen Wechsel aller Kreise menschlicher Thätigkeit mahnen, giebt es keine trostreichere Erhebung als die lebendige Überzeugung von dem allen Wechsel der Generationen überdauernden Zusammenhange echter Geistesarbeit, als die Gewissheit, dass die wahrhaft lebensvollen Keime wissenschaftlicher Erkenntniss nach dem Hinscheiden derer, die sie gepflanzt haben, in treuem Gedächtniss der Vorangegangenen durch die Hand geistverwandter Forscher eine ununterbrochene Pflege und Fortbildung erhalten. So treten von Leibniz an, dem Propheten der Sprachwissenschaft, die Gestalten der Heroen, die einst an diesem Tische gesessen, Wilhelm von Humboldt, Bopp, die Gebrüder Grimm aus Ihren Anreden uns wieder persönlich und lebendig fortwirkend vor die Seele und als ihre Nachfolger treten Sie nicht wie Fremde, sondern wie Verwandte und Angehörige in unsern Kreis ein.

Gleichwie einst vom Herde der Mutterstadt die Flamme entzündet wurde, welche in der Pflanzstadt jenseits des Meers entbrennen sollte, ist auch Ihre Wissenschaft, Hr. Weinhold, hier zu Hause und von hier haben Sie als ein echter Schüler von Jacob Grimm, dessen Wirksamkeit durch Lachmann's philologische Schärfe in so seltner Weise ergänzt wurde, die Weihe Ihres Lebens empfangen, den Zug zur liebevollen Vertiefung in deutsches Wesen und deutsches Alterthum,

an welcher unser ganzes Volk sich zu einem neuen Volksleben erhoben hat. Mit einer nie nachlassenden Arbeitsamkeit haben Sie nach allen Seiten, sprachlich und geschichtlich, die junge Wissenschaft rüstig ausgebaut, die Grammatik der Mundarten sowie die Erkenntniss des religiösen Glaubens der Vorzeit mit den an den Cultus sich anschliessenden Feierlichkeiten, von altnordischen Bräuchen bis zu den in unsere Zeit hinabreichenden Festspielen des Landvolks, welche wie bei den Hellenen der fruchtbare Keim eines Volksschauspiels geworden sind. Indem Sie diesen Zusammenhang zuerst darlegten und das gesammte Culturleben der verschiedensten Zeiten und Gegenden in seinen äusseren Formen wie nach seinem inneren Gehalt zur Anschauung brachten, ist die deutsche Sprach- und Alterthumskunde im Geiste ihres Meisters und Schöpfers allseitig von Ihnen gefördert worden, und nachdem sie durch die schweren Verluste, welche die Akademie durch das frühzeitige Hinscheiden von Müllenhoff und Scherer erlitten, bei uns verwaist war, wünschen und hoffen wir um so herzlicher, dass es Ihnen vergönnt sein möge, diese uns allen so theuern Studien im Sinne Ihrer unvergesslichen Vorgänger mit frischer Kraft lange in unserer Mitte zu vertreten.

Ihre Studien, Hr. von der Gabelentz, sind der Art, dass wir nur durch Sie selbst in dieselben eingeführt werden können. Das Feuer Ihrer Wissenschaft brannte auf dem Herde des Vaterhauses, und Sie haben in Ihrem, der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften gehaltenen Vortrage »über Hans Conon von der Gabelentz als Sprachforscher« den Schlüssel zum Verständniss Ihres eigenen Geisteslebens gegeben. Sein stiller Landsitz war eine kleine Akademie der Sprachen; schon als Knabe von einem angeborenen Durst nach Sprachkunde erfüllt und von dem Zauber fremder Schriftzeichen wunderbar gefesselt, hat er, der vielbeschäftigte Staatsmann, wie andere Edelleute das Waidwerk treiben, so in unermüdlicher Geduld seine Netze ausgestellt, um die ganze Mannigfaltigkeit, in welcher der sprachbauende Menschengeist seine Organismen geschaffen hat, möglichst vollständig zu überblicken, wie ein Zoologe oder Botaniker nicht rastet, bis er alle erreichbaren Formen einer Gattung des physischen Lebens zum vergleichenden Überblick vereinigt hat. Er hatte den Geist eines Entdeckers; unbebautes Land zu bahnen war seine Lust, an litteraturlosen Idiomen machte er sich die Anfänge menschlicher Sprachbildung deutlich, und jede Volksindividualität, die ihm neu entgegentrat, entzückte ihn, wie eine lehrreiche, anregende Bekanntschaft, die man im Umgang macht. Er hat aber nicht nur über Melanesien und Mikronesien sein weites Netz ausgespannt, sondern die Sprachenwelt Ostasiens, wo bis dahin nur Franzosen heimisch

waren, zum ersten Mal der deutschen Wissenschaft erschlossen. Sie haben es selbst in liebenswürdiger Weise ausgesprochen, dass Sie zwischen väterlichem und selbsterworbenem geistigen Besitz nicht scharf zu scheiden wüssten; um so mehr glaubte ich mich berechtigt, Ihres Vaters heute zu gedenken, welchen wir auch zu den Unsrigen zählen durften. Sie haben in Ihren Worten eine doppelte Aufgabe angedeutet, erstens die des Sinologen, der eine eigenartige, ehrwürdige Culturwelt nach und nach unsern Blicken entschleiert, und hier war es uns besonders wohlthuend, das Verdienst Ihres Vorgängers in der Akademie, Wilhelm Schott, der mit so seltener Anspruchslosigkeit sein Wissen mehr verbarg als zur Schau trug, in so warmer und kräftiger Weise anerkannt zu sehen. Die zweite Aufgabe ist die der allgemeinen Sprachwissenschaft, welche in der Vielheit der Volkssprachen die Äusserung einer allen Völkern gemeinsamen menschlichen Naturgabe erkennt, eine Aufgabe, in der Sie an Wilhelm von Humboldt anknüpfen, und so fremd uns die rohen Inselneger erscheinen, so ist doch jeder Einblick in ihre Art zu denken und zu sprechen auch ein neuer Einblick in unser eigenes Geistesleben, ein Fortschritt wissenschaftlicher Psychologie und Anthropologie von unabsehlicher Bedeutung. Möge Ihnen auf beiden Feldern eine reiche und Sie voll befriedigende Thätigkeit vergönnt sein!

Mit diesen Worten habe ich die Freude, im Namen der Akademie Sie Beide in unserem Kreise willkommen zu heissen.

Hr. Harnack hielt folgende Antrittsrede:

Bevor ich dem Brauche der Akademie folge und Rechenschaft ablege über meine wissenschaftlichen Ziele, spreche ich nochmals meinen Dank aus für die durch die Wahl mir erwiesene Ehre.

Die Geschichte des Christenthums und der Kirchen habe ich in Ihrem Kreise zu vertreten, und es erfüllt mich mit hoher Freude, dass Sie, einer alten Tradition folgend, dieser Wissenschaft eine Stelle unter den Disciplinen gegeben haben, mit denen sich die Akademie beschäftigt. Man hat Mosheim mit Recht den Vater der kirchengeschichtlichen Wissenschaft genannt; aber dieser grosse Gelehrte verdankte das Beste, was er besass, einem Grösseren, Leibniz. Leibniz ist in Wahrheit, wenn auch mittelbar, der Begründer der unparteiischen und kritischen Kirchengeschichtsschreibung, und unsere Akademie folgt auch hier den Anregungen dieses universalen Geistes, indem sie die Beförderung der kirchenhistorischen Forschungen in den Kreis ihrer Aufgaben wieder aufnimmt. Möge es mir vergönnt

sein, den Verpflichtungen nachzukommen, welche die Würde des Gegenstandes und die Traditionen der Akademie mir auferlegen! —

Durch eine Preisaufgabe über den Gnostiker Marcion, welche die Universität Dorpat vor zwanzig Jahren stellte, wurde ich zur Geschichte der alten Kirche geführt. Die Aufgabe gehörte zu jenen trefflichen Thematen, die zur genauesten philologischen und kritischen Arbeit zwingen und doch zugleich nöthigen, den Blick auf den Zusammenhang der geschichtlichen Erscheinungen zu richten und bedeutende Gesichtspunkte zu gewinnen. Aus einer grossen Menge von Fragmenten ist das Bild einer der einflussreichsten Persönlichkeiten der Kirchengeschichte des zweiten Jahrhunderts zu gestalten, und mit einem Schlage sieht sich der Forscher mitten in die zahlreichen und verwickelten Probleme versetzt, welche die Religionsgeschichte des ersten und zweiten Jahrhunderts bietet. Unter der ausgezeichneten Anleitung von ENGELHARDT's versuchte ich, mich in dieselben einzuarbeiten. Sie bilden noch heute den eigentlichen Gegenstand meiner Untersuchungen. Wenn es mir gelungen ist, Einiges zu ihrer Aufhellung beizutragen, so verdanke ich das dem glücklichen Umstande, dass mir niemals eine andere Aufgabe begehrenswerther oder interessanter erschienen ist.

Die Probleme der Kirchengeschichte des Alterthums lassen sich auf ein einziges zurückführen: wie hat sich aus der Predigt des Evangeliums der Katholicismus und die katholische Reichs- und Staatskirche entwickelt? Diese Frage scharf gestellt zu haben, ist das unvergängliche Verdienst F. CHR. BAUR's. Aber BAUR hat sie nicht nur gestellt, sondern in umfassender Weise selbst zu lösen gesucht. Bei diesem Unternehmen folgte er dem Grundsatze, die Wandelungen, welche das Christenthum im zweiten Jahrhundert in Lehre, Verfassung und Cultus erfahren hat, soweit irgend möglich, aus den inneren Spannungen abzuleiten, welche bereits im apostolischen Zeitalter vorhanden waren. Allein er selbst erkannte doch, dass diese Art der Ableitung ihre Grenzen hat, und dass man neben den inneren Spannungen auch die äusseren Zustände ins Auge fassen müsse, um die Entwickelung der christlichen Religion zum Katholicismus zu verstehen. In der Gegenwart ist unter den Forschern darüber kein Zweifel, dass keine der beiden Erklärungen vernachlässigt werden darf; aber über das Maass ihrer Anwendung herrscht noch kein Einvernehmen. Ich habe mich — Anfangs im Anschluss an RITSCHL's Forschungen — bemüht zu zeigen, dass die innerchristlichen Bewegungen des apostolischen Zeitalters nach der Zerstörung Jerusalems wesentlich zur Ruhe gekommen sind, und dass daher die Entwickelungen, welche nun folgten, nicht aus ihnen abgeleitet werden können.

Demgemäss suchte ich nachzuweisen, dass die ungeheuren Krisen, welche die neue Religion im zweiten und dritten Jahrhundert erlebt hat, aus der Verflechtung mit der sie umgebenden griechisch-römischen Welt hervorgegangen sind, und dass die neuen Ordnungen der Kirche auf den Gebieten der Lehre, der Verfassung und des Cultus Compromisse sind zwischen der evangelischen Verkündigung und der Denkweise und den Institutionen der Antike.

Diese Auffassung ist keineswegs neu; nicht wenige Forscher, vor Allem R. Rothe, haben sie bereits vorgetragen. Ich bin lediglich in die Reihe derer eingetreten, welche versuchen, sie pünktlich im Einzelnen durchzuführen. Mit dem allgemeinen Grundsatz ist wenig erreicht; es gilt vielmehr, alle Erscheinungen des kirchlichen Lebens im Alterthum mit den entsprechenden des antiken Lebens zu vergleichen, um ihren Ursprüngen und ihrer Geschichte auf den Grund zu kommen. Der Religionshistoriker nimmt an diesen Untersuchungen einen noch höheren Antheil als der politische Historiker; denn seine oberste Aufgabe ist es, festzustellen, was in der Geschichte der Religion aus ihrem eigenen, ursprünglichen Geiste geflossen ist. Um dieser Aufgabe zu genügen, muss er versuchen, die Elemente kennen zu lernen und zu sondern, welche sich die Religion — in der Regel unter schweren Opfern — lediglich assimilirt hat. Sie hat auch bei diesen Assimilationen ihre Kraft bewiesen; aber man darf die so entstandenen Producte doch nicht als ihren reinen Ausdruck betrachten.

Die Forschungen in dieser Richtung sind noch in den Anfängen. Im vorigen und in unserem Jahrhundert ist viel Talent und viel Geist auf die Geschichte der Kirche im Alterthum verwendet worden; aber verhältnissmässig wenig planvolle historisch-philologische Arbeit. Die Durchforschung der patristischen Litteratur hat seit den Tagen der gelehrten Benedictiner und Jansenisten nur in Bezug auf das zweite Jahrhundert und die lateinischen Schriftsteller erhebliche Fortschritte gemacht. Noch immer gleichen weite Strecken dieser Litteratur nicht einem gepflegten Garten, sondern einem Urwalde, den man sich zu betreten scheut. Und doch sind die Schriften der Kirchenväter Quellen der Nationallitteraturen der Romanen, Germanen und Slaven und das Mittelglied zwischen der antiken und der mittelalterlichen Litteratur. Nicht viel günstiger steht es in Bezug auf die Geschichte der kirchlichen Institutionen. Zwar ist die Entstehungsgeschichte des Neuen Testaments mit vielem Fleiss untersucht worden, und an der Aufhellung der Geschichte der Dogmen hat man seit dem Ende des vorigen Jahrhunderts ununterbrochen gearbeitet. Allein eine Geschichte der kirchlichen Verfassung im Zusammenhang mit der allgemeinen Verfassungsgeschichte fehlt uns noch, und ebenso fehlt uns eine

kritische und vergleichende Geschichte des kirchlichen Cultus, sowie eine Geschichte der socialen Wirkungen des Christenthums. Auf diesen Gebieten hat man eben erst damit begonnen, die ausgezeichneten Fortschritte, welche die Erforschung der römischen Kaiser- und Religionsgeschichte gemacht hat, für die Kirchengeschichte zu verwerthen.

Der Zaun, welcher früher das Feld der Kirchengeschichte von dem Felde der allgemeinen Geschichte getrennt hat, ist niedergerissen. Für die Bearbeitung beider Gebiete bedeutet der begonnene Austausch die höchste Förderung; er stellt auch neue Aufgaben. Wenn es aber den Kirchenhistorikern in der Gegenwart möglich ist, sich ausserhalb ihrer eigenen Grenzen auf den Gebieten der römischen Kaisergeschichte und der antiken Philosophie zurechtzufinden, so verdanken sie das in erster Linie der Lebensarbeit zweier Männer, welche unsere Akademie zu den ihrigen zu zählen das Glück hat. Es ist mir ein Bedürfniss, an dem heutigen Tage meinen besonderen Dank Hrn. Mommsen und Hrn. Zeller auszusprechen, und ich weiss, dass alle meine Fachgenossen in diesem Danke mit mir übereinstimmen.

Mein Lehrauftrag an der Universität verpflichtet mich, über das gesammte Gebiet der Kirchengeschichte Vorlesungen zu halten. Es ist für den Einzelnen schlechterdings unmöglich, sich hier überall selbstständige Kenntnisse zu erwerben oder auch nur dem Gang der Forschung pünktlich zu folgen. Zwar empfinde ich die Forderung, immer wieder den Blick auf das Ganze zu richten und die verschiedenen Entwickelungen in den verschiedenen Epochen zu verfolgen, als einen heilsamen Zwang; aber das Gefühl des Unvermögens gegenüber dem Umfang der Aufgabe ist oft genug drückend. Desshalb schätze ich meine Aufnahme in die Akademie als ein Glück, weil sie es mir ermöglichen wird, eine Fülle von Belehrung über die der Kirchengeschichte verwandten Disciplinen — auch in Bezug auf das Mittelalter und die Neuzeit — in willkommenster Weise einzusammeln.

Hr. Mommsen, als Secretar der philosophisch-historischen Classe, erwiderte:

Ich darf heute der Freude Ausdruck geben, dass es uns gestattet ist den Verfasser der Dogmengeschichte des Christenthums den unsrigen zu nennen, den Mann, welcher die Entwickelung des orientalischen Wunderkeimes zur weltgeschichtlichen, die Geister durch zwanzig Jahrhunderte bald befangenden, bald befreienden Universalreligion uns erschlossen, uns von Christus und Paulus zu Origenes und

Augustinus und Luther geführt hat, welcher uns gelehrt hat die Macht und die Wirkung des Christenthums nicht lediglich in seinem Sprossen zu erkennen, sondern ebenso sehr in seiner Verzweigung und Verästung. Freilich, die zufälligen Schranken, welche zwischen Theologie und Philosophie und Geschichte die Facultätsorthodoxie zu gegenseitigem Schaden aufgerichtet hatte, schwinden hüben wie drüben mehr und mehr vor der mächtig vordrängenden rechten Wissenschaft; unsere Akademie aber darf mit Stolz darauf hinweisen, dass wir sie nie anerkannt haben und dass in dem Kreise, den Leibniz gezogen hat, für die freie Forschung von je her Raum gewesen ist. In wie hohem Grade gerade Ihre Studien, Hr. Harnack, ergänzend und belebend in diejenige Geschichtsforschung eingreifen, welche uns die Gegenwart verständlich macht, wie die griechisch-römische Civilisation eben durch ihre meistentheils gegensätzliche Verschmelzung mit dem im Orient wurzelnden Christenglauben zu einem nothwendigen Bestandtheil der heutigen geworden ist, das mit einem Wort zu bezeichnen muss heute genügen; Ihre und meine und vieler anderer, die da waren und sind und sein werden, Lebensarbeit ist es diesem in seiner vollen Höhe unerreichbaren Ziel näher und näher zu kommen. Aber einen der vielen Momente, um deren willen wir Sie mit besonderer Freude als unseren Genossen begrüssen, gestatten Sie mir heute noch besonders zum Ausdruck zu bringen. Ich meine, Ihre Gabe jüngere Genossen zu fruchtbarer Arbeitsgemeinschaft zu gewinnen und bei derjenigen Organisation, welche die heutige Wissenschaft vor allem bedarf, als Führer aufzutreten. Sie empfinden es, dass die Aufgabe des rechten Akademikers eine andere und eine höhere ist als sich Mitglied der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu nennen und statt des bescheidenen Octavformats unserer Zeitschriften im vornehmen Quart gedruckt zu werden. Auch die Wissenschaft hat ihr sociales Problem; wie der Grossstaat und die Grossindustrie, so ist die Grosswissenschaft, die nicht von Einem geleistet, aber von Einem geleitet wird, ein nothwendiges Element unserer Culturentwickelung, und deren rechte Träger sind die Akademien oder sollten es sein. Als einzelner Mann haben Sie in dieser Richtung gethan, was wenige Ihnen nachthun werden. Jetzt sind Sie berufen dies im grösseren Verhältnisse weiterzuführen; und die wenigen Monate, seit sie uns angehören, haben uns gezeigt, dass Sie es können und dass Sie es wollen. Freilich hängt dies nicht allein von Ihnen und auch nicht allein von uns ab. Die Grosswissenschaft braucht Betriebskapital wie die Grossindustrie und wenn dies versagt, so ist die Akademie eben ornamental und müssen wir es uns gefallen lassen von dem Publicum als Decoration angesehen und als überflüssig be-

trachtet zu werden. Wir müssen es hinnehmen, aber es wird uns dies nicht leicht. Wenn der Soldat nichts leistet, so fragt man nicht viel danach, ob das Pulver gefehlt hat oder der Mann versagt hat; ihm bleibt im ersteren Fall neben dem schmerzlichen Gefühl des vergeblichen Beginnens noch der bittere Eindruck des unverdienten Tadels.

Steiner'scher Preis.

In der Leibniz-Sitzung am 28. Juni 1888 wurde die bereits am Leibniz-Tage 1886 gestellte Preisfrage unverändert erneuert.

> »In der Absicht, das Studium der Schriften Steiner's zu erleichtern und zum Fortschreiten auf den von ihm eröffneten Bahnen anzuregen, hat die Akademie die Herausgabe der gesammelten Werke desselben veranlasst, welche in den Jahren 1881 und 1882 erschienen sind. Es bleibt jetzt noch, wie aus der Schlussbemerkung zum zweiten Bande hervorgeht, die Aufgabe, die Resultate der einzelnen Schriften einer Sichtung und Prüfung zu unterwerfen. Die Akademie wünscht, dass dieses zunächst für diejenigen Untersuchungen Steiner's geschehe, welche sich auf die allgemeine Theorie der algebraischen Curven und Flächen beziehen. Es wird verlangt, dass die hauptsächlichsten Resultate derselben auf analytischem Wege verificirt und alsdann durch synthetische Methoden im Sinne Steiner's hergeleitet werden.«

Es sind zwei Arbeiten eingegangen.

Die erste trägt das Motto *Fortes firmat concordia.* Dieselbe beschäftigt sich nur mit den ersten Formeln, die in den Anwendungen der Differentialrechnung auf die Geometrie aufgestellt werden, und geht auf die von der Akademie gestellte Aufgabe nicht ein. Diese Arbeit kann daher bei der Preisbewerbung keine Berücksichtigung finden.

Die zweite Arbeit ist mit dem Motto *Per aspera ad astra* versehen. Der Verfasser derselben hat zur Lösung der von der Akademie gestellten Aufgabe einen Weg eingeschlagen, der zu einem befriedigenden Ergebniss nicht führen konnte. Um die von Steiner ohne Beweis aufgestellten Sätze zu prüfen, hat er eine Verquickung von analytischen und geometrischen Hülfsmitteln angewendet, durch welche aus dem Grunde nur selten etwas entschieden werden konnte, weil die geometrische Schlussweise des Verfassers zum grossen Theile nicht auf sicherer Grundlage beruht, zum Theil aber auch irrig ist. Verwunderlich ist es, dass er zuweilen Abschnitte der Steiner'schen

Schriften, welche schon von anderen Geometern erledigt worden sind, derselben ungenügenden Behandlung unterwirft. Es muss zwar anerkannt werden, dass in einzelnen Theilen der Arbeit die Methode nicht ganz so schwerwiegenden Bedenken unterliegt, und dass es dem Verfasser an einer Stelle auch gelungen ist, eine von STEINER ausgesprochene Vermuthung auf eine einfache Weise zu bestätigen. Aber dieses genügt nicht, um die Arbeit als eine den Bestand der auf die allgemeine Theorie der algebraischen Curven und Flächen sich beziehenden STEINER'schen Schriften gründlich sichtende, beziehungsweise begründende Leistung zu bezeichnen. Es konnte daher derselben der Preis nicht ertheilt werden. —

Die Akademie hält dafür, dass es jetzt an der Zeit ist, auf eine schon in früheren Jahren gestellte, bisher unerledigt gebliebene geometrische Frage zurückzukommen. Sie verlangt die Lösung eines bedeutenden Problems aus der Theorie der Krümmungslinien der Flächen, und hebt als ein solches namentlich die Ermittelung der Bedingungen hervor, unter welchen die Krümmungslinien algebraischer Flächen algebraische Curven sind.

Der hierfür ausgesetzte Preis beträgt Dreitausend Mark.

Bewerbungsschriften, welche in deutscher, lateinischer, französischer, englischer oder italiänischer Sprache verfasst sein können, sind bis zum 31. December 1894 bei der Akademie einzuliefern. Jede Bewerbungsschrift ist mit einem Spruchwort zu bezeichnen, welches auf einem beigefügten versiegelten innerlich den Namen und die Adresse des Verfassers angebenden Zettel äusserlich wiederholt ist. Schriften, welche den Namen des Verfassers nennen oder deutlich ergeben, werden von der Bewerbung ausgeschlossen.

Die Verkündigung des Urtheils erfolgt in der LEIBNIZ-Sitzung des Jahres 1895.

Hierauf berichtete Hr. CURTIUS als Secretar der philosophisch-historischen Classe über die von derselben am 28. Juni 1888 gestellte Preisaufgabe aus dem VON MILOSZEWSKI'schen Legat.

Der MILOSZEWSKI'sche Preis ist an die Lösung folgender Aufgabe geknüpft worden: die Entwickelung der deutschen Psychologie in der Periode, welche annähernd durch den Tod von CHRISTIAN WOLFF und das Erscheinen der Vernunftskritik von KANT begrenzt wird, soll vorgelegt werden und es soll besonders der Einfluss dieser psychologischen Arbeiten auf die Ausbildung der Aesthetik unserer classischen Literaturepoche dargestellt werden.

Von den beiden eingelieferten Arbeiten trägt die eine das Goethe'sche Motto: »das Besondere unterliegt ewig dem Allgemeinen, das Allgemeine hat ewig dem Besonderen sich zu fügen.« Dieselbe zeichnet sich durch umfassende Kenntniss der deutschen Psychologie und schönen Literatur im 18. Jahrhundert aus. Auch besitzt der Autor die für die Lösung der Aufgabe unentbehrliche Kenntniss der heutigen Psychologie in ausreichendem Grade. Die von ihm gewählte dogmatische Anordnung des Stoffs ist zweckmässig. Doch leidet die Übersichtlichkeit durch zu grosse Specialisirung dieser Sacheintheilung. Der Verfasser erläutert durch ein breites, vielfach schätzenswerthes Material die Denk- und Arbeitsrichtungen der Epoche, aber die einzelnen wirklichen Fortschritte hätten auf dieser Grundlage mit festerer Hand registrirt und an diesen entscheidenden Punkten hätte das belegende Material gesammelt werden müssen. Die Darstellung ist zwar lebendig, doch nicht überall bestimmt, klar und knapp genug. So ist dem Verfasser vor dem Druck der Arbeit eine Umarbeitung und Zusammenziehung derselben dringend anzurathen.

Die andere Abhandlung trägt das Motto aus dem Aesthetiker Meier: »die künstliche Aesthetik ist ein philosophischer Commentarius zur natürlichen.« Sie gliedert den Stoff nach Personen. In einzelnen historischen Blicken, ja in dem intimen geschichtlichen Verständniss überhaupt, ist sie der ersten entschieden überlegen, doch steht sie in der Kenntniss des literarischen Materials hinter derselben zurück. Werden die schönen geschichtlichen Beobachtungen in ihr, die jetzt unfertig und vielfach unbestimmt dastehen, zu Reife und Klarheit durchgebildet, so wird dieselbe ein sehr nützlicher Beitrag zur Kenntniss der Epoche sein.

Hiernach erscheinen beide Abhandlungen, obwohl sie die Aufgabe nicht voll und ganz lösen, doch als noch preisfähig. Den Vorzug verdient die erst charakterisirte mit dem Goethe'schen Motto und ihr wird der Preis zuerkannt. Da aber die andere Abhandlung, mit dem Meier'schen Motto, ihr ganz nahe kommt und die Vollendung derselben im Sinne eines später eingelieferten Nachtrages schöne Resultate verspricht, so hat auf Antrag der Akademie das vorgesetzte Ministerium in dankenswerthester Weise die Ertheilung eines zweiten Preises an diese Abhandlung ermöglicht.

Als Verfasser der ersten Abhandlung nennt sich

Dr. phil. Max Dessoir. Berlin.

Als Verfasser der zweiten

Dr. Robert Sommer,

Assistenzarzt an der Prov.-Irrenanstalt zu Rybnik O. S.

Die philosophisch-historische Classe der Königlichen Akademie der Wissenschaften stellt folgende Preisaufgabe:

Es soll eine Untersuchung der biographischen Artikel des Suidas veranstaltet werden hauptsächlich zu dem Zwecke, die unmittelbar benutzten Quellen des Lexikons festzustellen und die Arbeitsweise des Compilators aufzuzeigen. Es wird gewünscht, dass eine orientirende Zusammenstellung der bisher sicher ermittelten Resultate auf diesem ganzen Gebiete gegeben werde. Wie weit die Untersuchung auch auf die lexikalischen Glossen und die Primärquellen auszudehnen sei, wird dem Ermessen der Bewerber anheimgegeben.

Die Preisarbeit kann in deutscher, lateinischer, französischer, englischer und italiänischer Sprache abgefasst sein. Schriften, die in störender Weise unleserlich geschrieben sind, können von der Bewerbung ausgeschlossen werden.

Jede Preisschrift ist mit einem Spruchworte zu bezeichnen, welches auf einem beizufügenden versiegelten, innerlich den Namen und die Adresse des Verfassers angebenden Zettel äusserlich wiederholt ist. Schriften, welche den Namen des Verfassers nennen oder deutlich ergeben, werden von der Bewerbung ausgeschlossen.

Der Tag, bis zu dessen Ablauf die Einlieferung an die Akademie statthaft ist, ist der 31. December 1893. Der ausgesetzte Preis beträgt 5000 Mark. Zurückziehung einer eingelieferten Preisschrift ist nicht gestattet.

Ausgegeben am 10. Juli.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei

1890.

XXXV.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

---

10. Juli. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Curtius.

1. Hr. Mommsen las über das römisch-germanische Herrscherjahr.

2. Hr. von Helmholtz legte vor eine Abhandlung des Hrn. Dr. M. Thiesen: Beiträge zur Dioptrik.

Die Mittheilung erfolgt umstehend.

Durch Rescript des vorgeordneten Ministeriums wird zur Vollendung des Corpus Inscriptionum latinarum auf drei Jahre (bis Ende März 1893) ein Zuschuss von jährlich 7000 Mark bewilligt.

Beiträge zur Dioptrik.

Von Dr. M. Thiesen
in Charlottenburg.

(Vorgelegt von Hrn. von Helmholtz.)

Vorbemerkungen.

Unter Dioptrik pflegt man heute die Lehre von der Umformung eines Lichtstrahlen-Bündels durch ein Diopter, d. h. durch eine Reihe von durchsichtigen Medien zu verstehen, indem man die vereinfachende Annahme macht, dass das Licht sich in Strahlen fortpflanze, welche in demselben optischen Medium geradlinig fortlaufen, an der Grenzfläche zweier Medien durch Brechung oder Reflexion abgelenkt werden, und deren Zusammentreffen stets eine entsprechende Vermehrung der Lichtstärke zur Folge hat. Obgleich es unter diesen Voraussetzungen nicht schwer fällt, den Gang eines gegebenen Lichtstrahles durch ein gegebenes Diopter zu verfolgen, so ist doch eine eigentliche Theorie nur für einen sehr speciellen Fall vorhanden, dessen Behandlung im wesentlichen durch Gauss zu ihrem Abschlusse gelangt ist, für den Fall nämlich, dass das Diopter eine Axe hat, und dass die Lichtstrahlen sehr kleine Winkel mit dieser Axe bilden. Die Theorie dieses Falles lässt sich dadurch kennzeichnen, dass das Diopter nur in seiner Wirkung als Ganzes betrachtet wird, soweit es nämlich eine Umformung des in das Diopter eintretenden in das austretende Strahlenbündel bewirkt, während der Gang der Lichtstrahlen im Diopter selbst unbestimmt bleibt, und dadurch, dass das Diopter in dieser Wirkung durch wenige Bestimmungsstücke, seine Hauptebenen und seine Brennweiten in den angrenzenden Medien vertreten wird.

Bei der üblichen Behandlung dieses Falles macht man von der Eigenschaft des Gauss'schen Diopters Gebrauch, die von einem Punkte ausgegangenen Lichtstrahlen stets wieder nach einem Punkte convergirend zu machen. Da solche conjugirten Punkte bei andern Dioptern nicht oder nur ausnahmsweise vorhanden sind, so haben die nicht

seltenen Versuche, die Gaussische Theorie von der gleichen Grundlage aus zu verallgemeinern, zu keinem befriedigenden Resultate führen können. Sucht man aber das Wesen der Gauss'schen Theorie darin, dass dieselbe von der nähern Zusammensetzung des Diopters und von dem Gange des Lichtstrahls in demselben absieht, dass sie, wie in andern fruchtbringenden Theorien der mathematischen Physik, die wahre Erscheinung durch eine andere ersetzt, die mit jener an den der Beobachtung zugänglichen Stellen zusammenfällt, so ist es leicht, eine Verallgemeinerung der Theorie für beliebige Diopter zu finden, in dem man diejenige Grösse sucht, welche das Diopter in seiner Wirkungsweise als Ganzes charakterisirt. Da jeder Strahl durch drei Variabeln vollständig bestimmt wird, so muss es, welches auch die Gesetze der Umformung eines Strahlenbündels in ein anderes sind, eine Function von sechs Variabeln, den Bestimmungsgrössen des eintretenden und des austretenden Strahles geben, welcher die Rolle der Charakteristik zukommt. Es liegt ziemlich nahe, in dem vorliegenden speciellen Falle, in welchem die Umformung der Strahlen nur nach den Gesetzen der Licht-Brechung und -Spiegelung erfolgt, bei dem Suchen nach einer solchen Charakteristik die Zeit einzuführen, welche das Licht braucht, um von einem Punkte der einen Grenzfläche des Diopters zu einem Punkte der andern Grenzfläche zu gelangen, und es ergibt sich dann sofort, das diese Function von nur vier Variabeln selbst die gesuchte Charakteristik ist.

Die Einführung dieser Grösse in die Dioptrik ist allerdings nicht neu; namentlich hat Clausius mit ihrer Hülfe einen wichtigen dioptrischen Satz bewiesen, unabhängig von den HH. Abbe und von Helmholtz, welche denselben etwas früher veröffentlicht hatten. Dass man aber meines Wissens noch nicht den Versuch gemacht hat, die betreffende Function als Charakteristik einzuführen, liegt wohl zum Theil daran, dass dieselbe gerade in dem besonders wichtigen Falle entartet, wenn man sie auf conjugirte Punkte bezieht, und dass sie daher gerade in dem meist als Ausgangspunkt gewählten Falle unbemerkt bleiben musste.

Ich werde zunächst die Grundlagen der Theorie, welche sich aus den vorstehenden Bemerkungen ergibt, kurz auseinandersetzen und darauf die Fruchtbarkeit dieser Theorie durch die Anwendung derselben auf ein Diopter zeigen, welches eine Axe hat, mit welcher die Lichtstrahlen nur mässige Winkel bilden. Entwickelt man die charakteristische Function nach Potenzen dieser Winkel, so gibt die erste Näherung die Gaussische Theorie, während die folgenden Näherungen die bisher noch fehlende Grundlage für eine Theorie der Abbildungsfehler von Linsensystemen, namentlich von astronomischen

und photographischen Objectiven, sowie für die Prüfung und Construction solcher Systeme liefern.

In einer besonderen Veröffentlichung beabsichtige ich eine ausführliche und erweiterte Darstellung der Untersuchungen zu geben, welche hier nur kurz und oft nur andeutungsweise angeführt werden konnten.

Grundlagen der Theorie.

Der Gang eines Lichtstrahls durch optisch gegebene Medien wird durch ein Princip bestimmt, welches gewöhnlich nach Fermat benannt wird, aber für Spiegelungen schon auf Heron von Alexandria zurückgeführt werden kann, während es andererseits erst später auch auf krystallinische Medien ausgedehnt wurde und erst neuerdings durch Hrn. DORN seine ursprünglich zu beschränkte teleologische Fassung verloren hat. Nach diesem Princip verschwindet die Variation der Zeit, welche das Licht braucht, um den Weg zwischen zwei Punkten zurückzulegen; bezeichnet also ds ein Element dieses Weges, n die in der Zeiteinheit zurückgelegte Strecke, so ist der Weg des Lichtstrahls durch die Bedingung gegeben

1. $$0 = \delta \int n\, ds.$$

Hier soll das durch Gleichung 1. gegebene Princip in einer etwas andern Form benutzt werden. Das Integral, dessen Variation verschwinden soll, wird nach Ausführung der Integration auf dem durch die Bedingungsgleichung vorgeschriebenen Wege eine Function der sechs Coordinaten, welche den Anfangs- und Endpunkt des Lichtstrahls bestimmen. Liegen, wie wir annehmen wollen, diese Punkte auf den gegebenen Flächen (1) und (2), so möge das ausgeführte Integral mit T_{12} bezeichnet und die Charakteristik des Diopters $\overline{12}$ genannt werden; diese Charakteristik ist nun eine Function der vier Coordinaten x_1, y_1, x_2, y_2, welche die Lage der Schnittpunkte des Strahls mit den Flächen (1) und (2) bestimmen. Schliesst sich an das Diopter $\overline{12}$ unmittelbar das Diopter $\overline{23}$ mit der Charakteristik T_{23} an, so führt die Forderung, dass die drei durch die Coordinaten $x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3$ bestimmten Punkte demselben Strahle angehören, durch Anwendung der Gleichung 1. unmittelbar auf die Bedingungen

2. $$\begin{aligned} 0 &= \frac{\partial}{\partial x_2} T_{12} + T_{23} \\ 0 &= \frac{\partial}{\partial y_2} T_{12} + T_{23}. \end{aligned}$$

Die Gleichungen 2. erlauben im allgemeinen den Schnittpunkt des Strahls mit einer der drei Flächen (1), (2), (3) zu bestimmen, falls die beiden andern Schnittpunkte gegeben sind. Sei insbesondere das gegebene Diopter $\overline{12}$ auf beiden Seiten von optisch gegebenen homogenen Medien begrenzt und ziehen wir in diesen Medien die beliebigen Flächen (0) und (3), so sind auch die beiden Charakteristiken T_{01} und T_{23} bekannt, wie weiterhin näher ausgeführt werden soll. Ist nun in dem ersten Medium ein Strahl gegeben, so sind auch dessen Schnittpunkte mit den Flächen (0) und (1) bekannt, und die Anwendung der Gleichungen 2. auf die Flächen (0), (1), (2) erlaubt, den Schnittpunkt des Strahls mit der Fläche (2) nach seinem Durchgange durch das Diopter $\overline{12}$ zu bestimmen. Eine nochmalige Anwendung dieser Gleichungen auf die Flächen (1), (2), (3) bestimmt dann auch den Schnittpunkt mit der Fläche (3) und damit den austretenden Strahl selbst. Ist also ein Strahl gegeben, welcher aus einem optisch bekannten Medium in ein Diopter von gegebener Charakteristik eintritt, so ist auch der zugehörige Strahl bekannt, welcher aus dem Diopter in ein gegebenes Medium austritt, während der Verlauf des Strahls in dem Diopter selbst unbekannt bleibt.

Setzt man die aus den Gleichungen 2. folgenden Werthe von x_2, y_2 in den Ausdruck $T_{12} + T_{23}$ ein, so erhält man die Zeit, in welcher ein Lichtstrahl das zusammengesetzte Diopter $\overline{13}$ durcheilt, d. h. die Charakteristik T_{13} dieses Diopters als Function der vier Coordinaten x_1, y_1, x_3, y_3. Man kann also die Charakteristik eines zusammengesetzten Diopters aus den Charakteristiken seiner Componenten ableiten.

In einem optisch homogenen Medium ist der Verlauf der Lichtstrahlen ein geradliniger. Bezeichnen daher jetzt x_1, y_1, z_1 und x_2, y_2, z_2 rechtwinklige, demselben System angehörige Coordinaten, so wird die Charakteristik des von homogener Masse erfüllten Diopters $\overline{12}$:

$$3. \qquad T_{12} = n_{12}\sqrt{(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2+(z_2-z_1)^2}.$$

Die Grössen z_2 und z_1 sind durch die Endflächen des Diopters bestimmte Functionen von bez. x_2, y_2 und x_1, y_1; die Grösse n_{12} kann im Allgemeinen noch eine Function der Richtung, d. h. der Verhältnisse $x_2-x_1 : y_2-y_1 : z_2-z_1$ sein; für isotrope Medien ist sie constant und bei passender Wahl der Einheiten dem Brechungscoëfficienten gleich zu setzen. Damit ist der Weg gezeigt, wie die Charakteristik von solchen Dioptern berechnet werden kann, welche aus verschiedenen, homogenen, durch gegebene Flächen von einander getrennten Medien zusammengesetzt sind.

Diopter, welche eine Axe haben.

Von den vorausgeschickten Grundsätzen soll jetzt Gebrauch gemacht werden, um die Theorie eines Diopters zu entwickeln, welches eine Axe hat, und in welchem die Strahlen mit der Axe so kleine Winkel bilden, dass sich die Charakteristik nach Potenzen dieser Winkel entwickeln lässt. Ich habe die Theorie dieses Falles bis zur dritten Näherung ausgearbeitet, will aber an dieser Stelle nur die Formeln mittheilen, welche der ersten und zweiten Näherung entsprechen.

Setzen wir

4. $$\begin{aligned} \rho_1^2 &= x_1^2 + y_1^2 \\ \rho_2^2 &= x_2^2 + y_2^2 \\ -\varkappa_{12} &= x_1 x_2 + y_1 y_2, \end{aligned}$$

so ist in dem vorliegenden Falle die Charakteristik des Diopters $\overline{12}$ eine Function der drei Variabeln $\rho_1^2, \rho_2^2, \varkappa_{12}$, welche, abgesehen von einer nicht weiter in Betracht kommenden Constanten, die Form hat:

5. $$T_{12} = A_{12}\rho_1^2 + B_{12}\rho_2^2 + 2C_{12}\varkappa_{12} + D_{12}\rho_1^4 + E_{12}\rho_2^4 + 4F_{12}\varkappa_{12}^2 + 2G_{12}\rho_1^2\rho_2^2 + 4H_{12}\rho_1^2\varkappa_{12} + 4J_{12}\rho_2^2\varkappa_{12}.$$

Die Constanten A_{12} u. s. w. können zunächst leicht für den Fall berechnet werden, dass das Diopter von optisch homogener Masse erfüllt ist. Die Rotationsflächen, welche das Diopter begrenzen, mögen durch die Relation gegeben sein

6. $$z = a + b\rho^2 + c\rho^4,$$

wo allen Grössen der Index beizufügen ist, welcher sie auf die betreffende Fläche bezieht. Setzt man noch

7. $$e_{12} = d_2 - a_1$$

und entwickelt die Wurzelgrösse in 3. nach absteigenden Potenzen von e_{12}, nachdem man die z, y, x durch die Gleichungen 4. und 6. eliminirt hat, so erhält man unter Fortlassung der selbstverständlichen Indices 12 für ein isotropes Medium

8. $$\begin{aligned} A &= n\left(\frac{1}{2e} - b_1\right) \\ B &= n\left(\frac{1}{2e} + b_2\right) \\ C &= \frac{n}{2e} \\ D &= -n\left(\frac{1}{8e^3} - \frac{b_1}{2e^2} + c_1\right) \end{aligned}$$

$$E = -n\left(\frac{1}{8e^3} + \frac{b_2}{2e^2} - c_2\right)$$

$$F = -\frac{n}{8e^3} \qquad = -\frac{C}{4e^2}$$

8. $$G = -n\left(\frac{1}{8e^3} + \frac{b_2 - b_1}{4e^2}\right)$$

$$H = -n\left(\frac{1}{8e^3} - \frac{b_1}{4e^2}\right) = -\frac{A}{4e^2}$$

$$J = -n\left(\frac{1}{8e^3} + \frac{b_1}{4e^2}\right) = -\frac{B}{4e^2}.$$

Sind die Flächen Kugelflächen mit dem Radius r, dessen Zeichen passend zu bestimmen ist, so wird

9. $$b = \frac{1}{2r}$$

$$c = b^3 = \frac{1}{8r^3}.$$

Wäre das Medium des Diopters ein einaxiger Krystall, dessen Axe mit der Axe des Diopters zusammenfällt, so könnte man für den extraordinären Strahl setzen:

$$n = n^0 + n'\frac{\rho_1^2 + \rho_2^2 + 2\varkappa_{12}}{e^2} + \frac{n''}{2}\frac{(\rho_1^2 + \rho_2^2 + 2\varkappa_{12})^2}{e^4}.$$

Die Constanten ergäben sich dann leicht durch Multiplication dieses Ausdruckes mit der entwickelten Wurzelgrösse in 3.

Erste Näherung (Gauss'sche Dioptrik).

Wir behalten zunächst nur die ersten Potenzen der Grössen ρ_1^2, ρ_2^2, $\varkappa_{12}$ bei und erhalten dann leicht die bekannten Gesetze der Gauss'schen Dioptrik.

Für zwei hintereinander liegende Diopter $\overline{12}$ und $\overline{23}$ erhält man durch Anwendung von 2.

10. $$\nu_{13}x_2 = C_{12}x_1 + C_{23}x_3,$$

wo zur Abkürzung gesetzt ist:

11. $$\nu_{13} = B_{12} + A_{23}.$$

Eine ähnliche Gleichung wie 10. gilt für die y.

Hieraus folgt

12. $$\begin{aligned} \nu_{13}^2\rho_2^2 &= C_{12}^2\rho_1^2 + C_{23}^2\rho_3^2 - 2C_{12}C_{23}\varkappa_{13} \\ \nu_{13}\varkappa_{12} &= -C_{12}\rho_1^2 + C_{23}\varkappa_{13} \\ \nu_{13}\varkappa_{23} &= -C_{23}\rho_3^2 + C_{12}\varkappa_{13}. \end{aligned}$$

Setzt man diese Werthe in $T_{12} + T_{23}$ ein, so ergibt sich die Charakteristik des zusammengesetzten Diopters $\overline{13}$

$$13. \qquad T_{13} = A_{13}\rho_1^2 + B_{13}\rho_3^2 + 2C_{13}\varkappa_{13},$$

wo

$$14. \qquad \begin{aligned} A_{13} &= A_{12} - \frac{C_{12}^2}{\nu_{13}} \\ B_{13} &= B_{23} - \frac{C_{23}^2}{\nu_{13}} \\ C_{13} &= \frac{C_{12}C_{23}}{\nu_{13}}. \end{aligned}$$

Die wiederholte Anwendung der Gleichungen 14. erlaubt die Charakteristik eines beliebig zusammengesetzten Diopters zu berechnen.

Ist das Diopter $\overline{23}$ unendlich dünn d. h. ist $e_{23} = 0$, so werden die Grössen A_{23}, B_{23}, C_{23} unendlich; doch bleiben die Gleichungen 14. noch bestehen. Ihre Entwickelung gibt, n_{23} als constant vorausgesetzt,

$$15. \qquad \begin{aligned} A_{13} &= A_{12} \\ B_{13} &= B_{12} + n_{23}(b_3 - b_2) \\ C_{13} &= C_{12}. \end{aligned}$$

Geht man in derselben Entwickelung noch einen Schritt weiter und setzt man $e_{23} = dz$, $b_3 - b_2 = db$, $A_{13} - A_{12} = dA$ u. s. w., so erhält man für den Fall, dass die optischen Constanten des Diopters sich continuirlich ändern, Differentialgleichungen, deren Integration die Constanten A, B, C zu bestimmen erlaubt.

Ein wichtiger Ausnahmefall bei der Berechnung zusammengesetzter Diopter tritt ein, wenn ν_{13} verschwindet. In diesem Falle erhält man an Stelle der Gleichungen 10. und 12.

$$16. \qquad \frac{x_3}{x_1} = \frac{y_3}{y_1} = \pm\frac{\rho_3}{\rho_1} = \frac{\varkappa_{23}}{\varkappa_{12}} = -\frac{C_{12}}{C_{23}} = \gamma_{13}; \text{ für } \nu_{13} = 0.$$

Diese Gleichungen sagen aus, dass die beiden Grenzflächen des Diopters zu einander conjugirt sind und dass das in einer Grenzfläche (1) des Diopters vorhandene Object in der anderen Grenzfläche (3) geometrisch ähnlich mit der Vergrösserung γ_{13} abgebildet wird. Die Gleichungen 16. bleiben, wie aus den Gleichungen 15. folgt, ungeändert, wenn man die wahren Endflächen des zusammengesetzten Diopters durch andere dieselben berührende Flächen z. B. die berührenden Ebenen ersetzt; man kann also bei dieser Näherung stets von einer Krümmung der Object- und Bildebenen absehen.

Die Charakteristik geht in diesem Ausnahmefalle über in

$$16. \qquad T_{13} = A_{12}\rho_1^2 + B_{23}\rho_3^2 = -\mu_{13}\varkappa_{13} = \gamma_{13}\mu_{13}\rho_1^2 = \frac{\mu_{13}}{\gamma_{13}}\rho_3^2,$$

wo die neu eingeführte Grösse

18. $$\mu_{13} = \frac{A_{12}}{\gamma_{13}} + \gamma_{13} B_{23}$$

der Modul des Diopters $\overline{13}$ genannt werden soll. Die beiden Constanten γ_{13} und μ_{13} genügen in dem Ausnahmefall zur Charakterisirung des resultirenden Diopters.

Die Zusammensetzung eines Diopters $\overline{12}$ mit conjugirten Endflächen mit einem Diopter $\overline{23}$ ergibt wieder ein gewöhnliches Diopter oder ein solches mit conjugirten Endflächen, je nachdem $\overline{23}$ ein gewöhnliches Diopter oder ein solches mit conjugirten Endflächen ist. Im ersten Falle erhält man

19. $$T_{13} = (A_{23}\gamma_{12}^2 - \gamma_{12}\mu_{12})\rho_1^2 + B_{23}\rho_3^2 + 2\gamma_{12} C_{23} \varkappa_{13}$$

im zweiten Falle wird

20. $$\gamma_{13} = \gamma_{12}\gamma_{23}$$
$$\mu_{13} = \frac{\mu_{12}}{\gamma_{23}} + \mu_{23}\gamma_{12}$$

Wir behandeln jetzt den Fall, dass ein Diopter $\overline{12}$ mit gegebener Charakteristik von beiden Seiten von homogenen isotropen Medien begrenzt wird. In diesen Medien ziehen wir senkrecht zur Axe die einander conjugirten Ebenen (0) im ersten und (3) im zweiten Medium, wir führen ferner eine etwas einfachere Bezeichnung ein, indem e statt e_{01}, e' statt e_{23}, n statt n_{01}, n' statt n_{23} gesetzt wird. Der Einfachheit wegen nehmen wir ferner an, dass das Diopter $\overline{12}$ durch Ebenen begrenzt sei, ist diess nicht der Fall, so ist in den folgenden Gleichungen A_{12} durch $A_{12} + nb_1$ und B_{12} durch $B_{12} - n'b_2$ zu ersetzen, wie aus den Gleichungen 15. unmittelbar folgt.

In dem vorliegenden Falle wird

$$A_{01} = B_{01} = C_{01} = \frac{n}{2e}$$
$$A_{23} = B_{23} = C_{23} = \frac{n'}{2e'}.$$

Bildet man nun mittelst 14. entweder die Constanten des Diopters $\overline{02}$ oder diejenigen des Diopters $\overline{13}$ und stellt dann die Bedingung dafür auf, dass die Ebenen (0) und (3) conjugirt sind, indem man entweder $A_{23} + B_{02}$ oder $A_{13} + B_{02}$ verschwinden lässt, so erhält man die Grundformel der Gauss'schen Dioptrik

21. $$\left(A_{12} + \frac{n}{2e}\right)\left(B_{12} + \frac{n'}{2e'}\right) = C_{12}^2.$$

Ferner ergibt sich für die Vergrösserung und den Modul des Diopters $\overline{03}$ unter Fortlassung der Indices

22. $$\gamma = -\frac{ne'}{n'e}\frac{C_{12}}{A_{12}+\frac{n}{2e}} = -\frac{ne'}{n'e}\frac{B_{12}+\frac{n'}{2e'}}{C_{12}}$$

23. $$\mu = \frac{A_{12}B_{12}-C_{12}^2}{C_{12}}.$$

Der Modul wird also von der Grösse e oder e' ganz unabhängig, ebenso auch bei ebenen Endflächen des Diopters $\overline{12}$ von den Brechungscoefficienten der anstossenden Medien.

Den Gleichungen 21. und 22. kann man leicht die bekannten einfachen Formen geben. Setzt man

24. $$\begin{aligned} f &= \frac{n}{2\mu} & h-f &= \frac{n}{2\mu}\frac{B_{12}}{C_{12}} \\ f' &= \frac{n'}{2\mu} & h'-f' &= \frac{n'}{2\mu}\frac{A_{12}}{C_{12}} \\ p &= e+h & q &= e+h-f \\ p' &= e'+h' & q' &= e'+h'+f' \end{aligned}$$

so wird

25. $$\frac{f}{p}+\frac{f'}{p'} = 1$$

26. $$qq' = ff' = \frac{nn'}{4\mu^2}$$

27. $$\gamma = -\frac{np'}{n'p}$$

28. $$\gamma = -\frac{f}{q} = -\frac{q'}{f'} = -\frac{n}{2\mu q} = -\frac{2\mu q'}{n'}.$$

Betrachtet man zwei benachbarte Strahlen, welche von demselben Punkte der Ebene (0) ausgehen und sich daher wieder in einem Punkte der Ebene (3) treffen, so erhält man durch Differentiation von 10.

$$\frac{dx_1}{dx_2} = \frac{\nu_{13}}{C_{12}}$$

und nach Multiplication mit $\frac{e'}{e}$ bei Benutzung von 22.

29. $$\frac{dx_1}{e}\frac{e'}{dx_2} = -\frac{n'}{n}\gamma.$$

Diese Gleichung führt leicht auf den Satz, dass die Divergenz eines

Strahlenbündels multiplicirt mit dem Brechungscoefficienten und der Bildgrösse constant bleibt.

Damit sind alle Fundamentalgleichungen der Gauss'schen Dioptrik abgeleitet.

Zweite Näherung.

Wir berücksichtigen jetzt auch die zweiten Potenzen der Grössen ρ^2 und $\varkappa$ und berechnen mittelst der Grundgleichung 2. die Charakteristik eines aus zwei Dioptern $\overline{12}$ und $\overline{23}$ zusammengesetzten Diopters $\overline{13}$.

Die Gleichungen 2. nehmen jetzt die Gestalt an

30. $$x_2 II = x_1 I + x_3 III,$$

wozu eine entsprechende Gleichung für y statt x kommt und wo:

31. $$\begin{aligned} II &= \nu_{13} + 2\,\{G_{12}\rho_1^2 + (E_{12} + D_{23})\rho_2^2 + G_{23}\rho_3^2 + 2J_{12}\varkappa_{12} + 2H_{23}\varkappa_{23}\} \\ I &= C_{12} + 2\,\{H_{12}\rho_1^2 + J_{12}\rho_2^2 + 2F_{12}\varkappa_{12}\} \\ III &= C_{23} + 2\,\{H_{23}\rho_2^2 + J_{23}\rho_3^2 + 2F_{23}\varkappa_{23}\}. \end{aligned}$$

Man kann durch die vorstehenden Gleichungen ρ_2^2, $\varkappa_{12}$ und $\varkappa_{23}$ durch die Grössen ρ_1^2, ρ_3^2, $\varkappa_{13}$ ausdrücken und erhält, wenn man jetzt die Werthe dieser Grössen in $T_{12} + T_{23}$ einführt, T_{13} als Function von ρ_1^2, ρ_3^2, $\varkappa_{13}$. Doch erspart man die angedeutete Rechnung durch die Überlegung, dass in T_{13} die Coefficienten der Quadrate und Potenzen der Abhängigen, soweit sie nicht in die Grössen $D_{12}, D_{23}, E_{12}, E_{23}$ u. s. w. multiplicirt sind, nur von dem Ausdrucke $\nu_{13}\rho_2^2 + 2C_{12}\varkappa_{12} + 2C_{23}\varkappa_{23}$ herrühren können, dass aber auch dieser Ausdruck solche Glieder nicht liefert, weil die unmittelbar aus 30. folgende Beziehung

$$0 = \rho_2^2 II + \varkappa_{12} I + \varkappa_{23} III$$

gilt. Es ist daher gestattet, die Grössen ρ_2^2, $\varkappa_{12}$, $\varkappa_{23}$ durch die Gleichungen 12. in $T_{12} + T_{23}$ zu ersetzen, und man erhält sofort:

32. $$\begin{aligned} D_{13} &= D_{12} - 4\alpha H_{12} + 2\alpha^2(G_{12} + 2F_{12}) - 4\alpha^3 J_{12} + \alpha^4(E_{12} + D_{23}) \\ E_{13} &= E_{23} - 4\beta J_{23} + 2\beta^2(G_{23} + 2F_{23}) - 4\beta^3 H_{23} + \beta^4(E_{12} + D_{23}) \\ F_{13} &= \alpha^2 F_{23} + \beta^2 F_{12} - 2\alpha^2\beta H_{23} - 2\alpha\beta^2 J_{12} + \alpha^2\beta^2(E_{12} + D_{23}) \\ G_{13} &= \alpha^2 G_{23} + \beta^2 G_{12} - 2\alpha^2\beta H_{23} - 2\alpha\beta^2 J_{12} + \alpha^2\beta^2(E_{12} + D_{23}) \\ H_{13} &= \beta H_{12} - \alpha\beta(G_{12} + 2F_{12}) + \alpha^3 H_{23} + 3\alpha^2\beta J_{12} - \alpha^3\beta(E_{12} + D_{23}) \\ J_{13} &= \alpha J_{23} - \alpha\beta(G_{23} + 2F_{23}) + \beta^3 J_{12} + 3\alpha\beta^2 H_{23} - \alpha\beta^3(E_{12} + D_{23}). \end{aligned}$$

Dabei ist zur Abkürzung gesetzt

33. $$\alpha = \frac{C_{12}}{\nu_{13}}\,;\ \ \beta = \frac{C_{23}}{\nu_{13}}.$$

In dem besonderen Falle, dass das zweite Diopter $\overline{23}$ unendlich dünn ist, erhält man

$$
\begin{aligned}
&D_{13} = D_{12} \\
&E_{13} = E_{12} + \frac{2B_{12}^2}{n_{23}}(b_2 - b_3) + n_{23}(c_3 - c_2) \\
&F_{13} = F_{12} \\
34.\quad &G_{13} = G_{12} + \frac{C_{12}^2}{n_{23}}(b_2 - b_3) \\
&H_{13} = H_{12} \\
&J_{13} = J_{12} + \frac{B_{12}C_{12}}{n_{23}}(b_2 - b_3)\,.
\end{aligned}
$$

Ist im Ausnahmefall $\nu_{13} = 0$, so gestatten die Gleichungen 30. und 31. nicht mehr, die Coordinaten der Fläche (2) als Functionen der Coordinaten der Flächen (1) und (3) zu bestimmen, dagegen kann man z. B. die Coordinaten der Fläche (3) durch die Coordinaten der beiden andern Flächen bestimmen. Man findet leicht

$$35.\quad x_3 = x_1 \{\gamma - \mathfrak{H}\rho_1^2 - \mathfrak{J}\rho_2^2 - 2\mathfrak{F}\varkappa_{12}\} + x_2 \{\mathfrak{G}\rho_1^2 + \mathfrak{E}\rho_2^2 + 2\mathfrak{J}\varkappa_{12}\}$$

eine Gleichung, die auch gilt, wenn man x durch y ersetzt, und in der:

$$
\begin{aligned}
&\mathfrak{E} = 2(E_{12} + D_{23}) : C_{23} \\
&\mathfrak{F} = 2(F_{12} + \gamma^2 F_{23}) : C_{23} \\
36.\quad &\mathfrak{G} = 2(G_{12} + \gamma^2 G_{23}) : C_{23} \\
&\mathfrak{H} = 2(H_{12} + \gamma^3 J_{23}) : C_{23} \\
&\mathfrak{J} = 2(J_{12} + \gamma H_{23} : C_{23}.
\end{aligned}
$$

In zweiter Näherung findet demnach eine scharfe geometrisch ähnliche gegenseitige Abbildung der Flächen (1) und (3) nur dann noch statt, wenn die fünf Grössen $\mathfrak{E}, \mathfrak{F}, \mathfrak{G}, \mathfrak{H}, \mathfrak{J}$ sämmtlich verschwinden. Wir werden diese Grössen die Abbildungsfehler nennen und mit ihren betreffenden Buchstaben bezeichnen.

Ersetzt man die Fläche (3) durch eine sie berührende aber anders gekrümmte Fläche, so ändern sich, wie die Gleichungen 34. zeigen, nur die Grössen E_{23}, G_{23}, J_{23}, und daher nur die $\mathfrak{G}$- und $\mathfrak{H}$-Fehler. Denkt man sich die Fläche (1) anders gekrümmt, so ändern sich nur D_{12}, G_{12}, H_{12}; also wieder nur die $\mathfrak{G}$- und $\mathfrak{H}$-Fehler. Der $\mathfrak{H}$-Fehler nimmt insofern eine ganz besondere Stellung ein, als sein Vorhandensein nicht einen Mangel an Schärfe in der Abbildung, sondern nur einen Mangel an Proportionalität der Dimensionen der auf die xy-Ebene projicirten Bild- und Object-Ebenen, einen Mangel an Orthoskopie kennzeichnet. Der $\mathfrak{G}$-Fehler ist der eigentliche Krümmungsfehler, der zum Verschwinden gebracht werden kann, wenn man der Bild- oder Object-Fläche eine andere Krümmung gibt.

Die drei übrigen von der Krümmung unabhängigen Fehler sind dadurch gekennzeichnet, dass sie bewirken, dass ein Punkt der Object-

ebene in der Bildebene zu einer Fläche ausgebreitet wird, deren Dimensionen mit den Dimensionen des Objectivs wachsen. Der 𝔈-Fehler, unter dem Namen der sphaerischen Abweichung bekannt und bisher am meisten untersucht, verursacht eine Ausbreitung, welche an jeder Stelle der Bildebene die gleiche ist und mit der dritten Potenz der Objectivöffnung wächst, die 𝔍- und 𝔉-Fehler verschwinden in der Mitte der Bildebene und sind den zweiten bez. ersten Potenzen der Objectivöffnung und den ersten bez. zweiten Potenzen der Abstände des abgebildeten Punktes von der Axe proportional. Diese Fehler sind wenig merklich bei astronomischen Fernröhren, deren zu Messungen benutztes Gesichtsfeld sehr klein bleibt, gewinnen aber an Bedeutung bei Instrumenten wie das Heliometer und namentlich die neueren photographischen Fernröhre, für die ein grosses Gesichtsfeld gefordert wird.

Wir behandeln jetzt in zweiter Näherung den praktisch wichtigen Fall, dass ein gegebenes Diopter $\overline{12}$ von beiden Seiten von isotropen Medien begrenzt wird, in welchen die zu einander conjugirten Ebenen (0) und (3) liegen. Um möglichst einfache Ausdrücke zu gewinnen, nehmen wir an, dass das Diopter $\overline{12}$ nicht auf seine wahren Endflächen, sondern auf die durch seine Brennpunkte gelegten Ebenen bezogen sei; es ist dann $A_{12} = 0$, $B_{12} = 0$, $C_{12} = -\mu$ zu setzen und der Abstand zwischen den Ebenen (0) und (1) ist durch q, der Abstand zwischen den Ebenen (2) und (3) durch q' zu bezeichnen. Zwischen den q und q' herrschen die Beziehungen 26. und 28. Berücksichtigt man nun, dass die Constanten zweiter Ordnung des Diopters $\overline{23}$ sich sämmtlich auf $-\frac{n'}{8q'^3}$ reduciren, und dass $\alpha = \beta$, $\gamma = 1$ wird, so erhält man zunächst mittels 32. für die Constanten des zusammengesetzten Diopters $\overline{13}$ die Werthe

$$\begin{aligned}
D_{13} &= D_{12} - 4\gamma H_{12} + 2\gamma^2 (G_{12} + 2F_{12}) - 4\gamma^3 J_{12} + \gamma^4 \left(E_{12} - \frac{n'}{8q'^3}\right) \\
E_{13} &= E_{12} \\
F_{13} &= F_{12} - 2\gamma J_{12} + \gamma^2 E_{12} \\
G_{13} &= G_{12} - 2\gamma J_{12} + \gamma^2 E_{12} \\
H_{13} &= H_{12} - \gamma (G_{12} + 2F_{12}) + 3\gamma^2 J_{12} - \gamma^3 E_{12} \\
J_{13} &= J_{12} - \gamma E_{12}.
\end{aligned}$$

Setzt man jetzt die Diopter $\overline{01}$, deren Constanten zweiter Ordnung sämmtlich den Werth $-\frac{n}{8q^3}$ haben, und $\overline{13}$ zu einem Diopter $\overline{03}$ mit conjugirten Endflächen zusammen und berechnet mittels 36. die Fehler dieses Diopters bezogen auf die Zwischenebene (1), so erhält man:

$$\mathfrak{E} = -\frac{2}{\mu}\left\{D_{12} - 4\gamma H_{12} + 2\gamma^2(G_{12} + 2F_{12}) - 4\gamma^3 J_{12} + \gamma^4 E_{12}\right\} - \frac{2\mu^2}{n^2}\gamma^3 - \frac{2\mu^2}{n'^2}\gamma$$

$$\frac{1}{\gamma^2}\mathfrak{F} = -\frac{2}{\mu}\left\{F_{12} - 2\gamma J_{12} + \gamma^2 E_{12}\right\} - \frac{2\mu^2}{n^2}\gamma$$

37. $$\frac{1}{\gamma^2}\mathfrak{G} = -\frac{2}{\mu}\left\{G_{12} - 2\gamma J_{12} + \gamma^2 E_{12}\right\} - \frac{2\mu^2}{n^2}\gamma$$

$$\frac{1}{\gamma^3}\mathfrak{H} = -\frac{2}{\mu}\left\{J_{12} - \gamma E_{12}\right\} - \frac{2\mu^2}{n^2}$$

$$\frac{1}{\gamma}\mathfrak{J} = -\frac{2}{\mu}\left\{H_{12} - \gamma(G_{12} + 2F_{12}) + 3\gamma^2 J_{12} - \gamma^3 E_{12}\right\} - \frac{2\mu^2}{n^2}\gamma^2$$

Die Gleichungen 37. zeigen, in welcher Weise die Abbildungsfehler eines Linsensystems, welches hier durch das Diopter $1\overline{2}$ repraesentirt wird, von den Constanten des Systems und von der Vergrösserung γ abhängen, bei welcher das System benutzt wird. Kennt man die fünf Fehlergrössen für eine bestimmte Vergrösserung, ausserdem den durch die Brennweiten gegebenen Modul und noch eine Constante des Systems, so ist dasselbe in Bezug auf seine Abbildungsfehler mit der hier festgehaltenen Näherung vollständig bestimmt; es ist hiermit der Weg gezeigt, wie ein Objectiv mit Hülfe von endlich entfernten Objecten auf seine Brauchbarkeit für die Abbildung unendlich entfernter Objecte geprüft werden kann.

Wie die Gleichungen ferner zeigen, verschwindet jeder der fünf Fehler für gewisse Werthe der Vergrösserung γ und zwar der $\mathfrak{H}$-Fehler nur einmal, der $\mathfrak{F}$- und $\mathfrak{G}$-Fehler zweimal, falls nicht etwa die betreffende Gleichung imaginäre Wurzeln hat, der $\mathfrak{J}$-Fehler dreimal, der $\mathfrak{E}$-Fehler viermal unter derselben Voraussetzung. Man schliesst hieraus leicht, dass es unmöglich sei, ein körperliches Gebilde, welches sich in einem optisch-homogenen Medium befindet, in einem ähnlichen Medium scharf abzubilden.

Die Frage, ob es möglich sei, zwei Ebenen fehlerfrei auf einander abzubilden, ist von Hrn. ABBE verneint worden. Derselbe gibt an, dass mit einer scharfen Abbildung stets eine ganz bestimmte Verzerrung des Bildes, also ein bestimmter $\mathfrak{H}$-Fehler verbunden sei. Indessen dürfte die von Hrn. ABBE nur angedeutete Herleitung dieser Behauptung auf einer Verwechselung zweier verschiedener Winkel mit einander beruhen, von Winkeln, deren Scheitel in der Bild- und in der Objectebene liegen und deren Sinus nach einem von Hrn. ABBE zuerst veröffentlichten Satze bei scharfer Abbildung einander proportional sein müssen, mit Winkeln deren Öffnung in den betreffenden Ebenen liegt und deren Tangenten bei geometrisch ähnlicher Abbildung einander proportional werden. In Wirklichkeit liegt kein Hinderniss vor, ein

Diopter zu berechnen, für welches bei einer bestimmten Vergrösserung die fünf Fehler sämmtlich verschwinden, und diess gilt unzweifelhaft auch für die Fehlergrössen, welche bei weiter getriebener Annäherung auftreten, nur wird das betreffende Diopter dann mehr und mehr complicirt.

In dieser Beziehung sei noch folgendes bemerkt. Wie aus den Gleichungen 34. und 36. unmittelbar folgt, kann der $\mathfrak{E}$-Fehler unabhängig von allen übrigen geändert und zum Verschwinden gebracht werden, wenn bei einer der Linsenflächen, d. h. der Zwischenflächen, welche Medien verschiedener Brechbarkeit von einander trennen, das c oder die Abweichung von der Kugelgestalt geändert wird. Ferner kann man die $\mathfrak{G}$- und $\mathfrak{J}$-Fehler unabhängig von den $\mathfrak{F}$- und $\mathfrak{H}$-Fehlern durch Änderung der Linsenkrümmungen oder Einschaltung unendlich dünner Diopter ändern, falls bei diesen Änderungen die Abbildung der Object- und Bildflächen auf einander und die Vergrösserung in erster Näherung gewahrt bleibt. Das einfachste Diopter, für welches die $\mathfrak{F}$- und $\mathfrak{H}$-Fehler bei einer bestimmten Vergrösserung verschwinden, ist die concav-convexe dicke Linse mit gleich gekrümmten Endflächen, geht man von einem solchen Diopter aus, so kann man durch die angedeuteten successiven Änderungen zunächst die $\mathfrak{G}$- und $\mathfrak{J}$-Fehler und dann noch den $\mathfrak{E}$-Fehler beseitigen und so zu einer fehlerfreien Abbildung gelangen.

Bei optischen Messinstrumenten ist es besonders wichtig, die Lage der Helligkeitsschwerpunkte der Lichtflecke zu kennen, welche in der Bildebene einzelnen Punkten der Objectebene entsprechen. Gehen wir auf Gleichung 35. zurück und nehmen an, dass sich in der Zwischenebene (2) ein Diaphragma befindet, welches die von dem Objectpunkte ausgehenden Strahlenbündel begrenzt, so kann man die Coordinaten des Helligkeitsschwerpunktes durch Integration über die freie Öffnung des Diaphragmas erhalten; Unterschiede in der Helligkeit der einzelnen Theile des Diaphragmas kommen erst bei der folgenden Näherung in Betracht. Wir berücksichtigen ferner, dass die Einstellung im allgemeinen nicht in der hier als Bildebene definirten, sondern in einer Fläche (4) erfolgt, und nehmen an, dass die Flächen (2) (3) (4) Ebenen sind, die in demselben Medium in den Abständen e und ε von einander liegen. Dann wird

$$x_4 = \frac{e+\varepsilon}{e}\, x_3 - \frac{\varepsilon}{e}\, x_2$$

und die Gleichung 35. geht über in

$$38.\quad x_4 = \frac{e}{e+\varepsilon}\, x_1 \left\{ \gamma - \mathfrak{H}\rho_1^2 - \mathfrak{J}\rho_1^2 - 2\mathfrak{F}\varkappa_{12} \right\} + \frac{e}{e+\varepsilon}\, x_2 \left\{ \mathfrak{G}\rho_1^2 + \mathfrak{E}\rho_1^2 + 2\mathfrak{J}\varkappa_{12} - \frac{\varepsilon}{e} \right\}.$$

Wir nehmen jetzt an, das Diaphragma habe die Form eines Halbkreises, setzen $x_2 = \rho_2 \cos \phi_2$, $y_2 = \rho_1 \sin \phi_2$, nehmen das Mittel für alle ϕ_2 zwischen o und π und das Mittel für alle ρ_2^2 zwischen o und ρ_2^2 und erhalten als Coordinaten der Lichtschwerpunkte

$$\bar{x}_4 = \frac{e}{e+\varepsilon} x_1 \left\{ \gamma - \mathfrak{H}\rho_1^2 - \mathfrak{J}\rho_2^2 + \frac{4}{3\pi} \mathfrak{F} y_1 \rho_2 \right\}$$

39. $$\bar{y}_4 = \frac{e}{e+\varepsilon} y_1 \left\{ \gamma - \mathfrak{H}\rho_1^2 - \mathfrak{J}\rho_2^2 + \frac{4}{3\pi} \mathfrak{F} y_1 \rho_2 \right\} + \frac{e}{e+\varepsilon} \frac{\rho_2}{\pi} \left\{ \frac{2}{3} \mathfrak{G}\rho_1^2 + \frac{2}{5} \mathfrak{E}\rho_2^2 - \frac{2}{3} \frac{\varepsilon}{e} \right\}.$$

Für den andern Halbkreis kehrt sich das Zeichen der in ρ_2 multiplicirten Glieder um, für den Vollkreis verschwinden diese Grössen. Es wird damit die Wichtigkeit auf's neue klargelegt, bei optischen Messwerkzeugen eine unbedeckte Öffnung zu haben.

Die hier angeführten Beispiele dürften genügen, auch die praktische Bedeutung der Theorie klar zu legen.

Über absichtslose Missethat im altdeutschen Strafrechte.

Von Heinrich Brunner.

(Vorgetragen am 13. März [s. oben S. 255].)

I.

Zu den auffallendsten Eigenthümlichkeiten des germanischen Strafrechts gehört die Behandlung der absichtslosen Missethat. Missethat wurde begangen durch rechtswidrige Zufügung eines Übels.[1] Auch wer das Übel ohne Absicht und ohne Fahrlässigkeit verursacht hatte, haftete für seine That als Missethat. Die That tödtet den Mann, sagt ein deutsches, le fait juge l'homme, ein französisches Rechtssprichwort.

Wie jedes Strafrecht ist auch das germanische Strafrecht generell darauf angelegt im Verbrechen den verbrecherischen Willen zu strafen und ferne steht ihm der Grundsatz strafen zu wollen, wo es keinen Willen, keine Schuld sieht. Allein das jugendliche Recht begehrt den sichtbaren sinnlichen Ausdruck des verbrecherischen Willens und sieht ihn in dem schädlichen Erfolge der That. Es verhängt daher keine Strafe, wo ein Übel nicht verursacht wurde. Der Versuch bleibt straflos, denn »man kann falschen Muth nicht sehen, wenn die That nicht dabei ist«.[2] Andererseits wird gemäss dem formellen Zuschnitte der ganzen Rechtsordnung[3] aus dem schädlichen Erfolg mit einer Logik, welche blind ist gegen die Lage des einzelnen Falles, auf das Dasein des verbrecherischen Willens geschlossen. In ähnlicher Weise galt dem germanischen Rechtsgang das Wort als der Ausdruck des Willens, ohne dass auf den Mangel des Willens Rücksicht genommen wurde, wenn Wort und Wille sich nicht deckten. Wie der Rechtsgang im Worte, sieht das Strafrecht im Werke das

---

[1] Über den germanischen Begriff der Missethat vergleiche die gedrängte und inhaltvolle Darstellung bei von Amira, Abschnitt Recht in Paul's Grundriss der germanischen Philologie II, 2. S. 171 (1890).

[2] Graf und Dietherr, Deutsche Rechtssprichwörter S. 292.

[3] Näher ausgeführt in meiner Deutschen Rechtsgeschichte I 111 f.

Wollen. Gleich dem Rechtsgang bekundet auch das Strafrecht einen starren Formalismus in der typischen Behandlung des Willens.

Dieser Formalismus des Strafrechts zeigt sich in der nordischen Göttersage, welche auch die Götter für ungewollte Thaten büssen lässt. Allbekannt ist der Mythus, nach welchem Baldur durch den Mistelzweig getödtet wurde, den der blinde Hödur auf Lokis Rath gegen ihn abschoss. Dem Thäter fehlte nicht nur die böse Absicht, man wird nicht einmal von einer Fahrlässigkeit sprechen können, da den Asen, die Baldur's Unverwundbarkeit prüften, bekannt war, dass Frigg ihm von allen Wesen Sicherheit ausgewirkt habe und die Nichtverpflichtung der Mistel ihnen ein Geheimniss geblieben war. Nichtsdestoweniger gilt Hödur's That für eine solche, welche die Rache herausfordert. Noch will ich wissen, fragt Odin die Seherin nach einem der ältesten Eddalieder[1]: Wer wird an Hödur Rache gewinnen und Baldur's Mörder (bana) auf den Scheiterhaufen bringen? Der Rächer war Wali, Baldur's nachgeborener Bruder, der die Hand nicht wusch und das Haar nicht kämmte, ehe er die Rache vollzogen und Baldur's Mörder (handbana) erschlagen hatte[2]. Höchst bezeichnend ist es, dass die Snorra Edda sich veranlasst sieht, zu erklären, gewissermaassen zu entschuldigen, weshalb die versammelten Asen an Hödur nicht sofortige Rache nahmen. Als Baldur gefallen war, heisst es in Gylfaginning 50, standen die Asen alle wie sprachlos und gedachten nicht einmal ihn aufzuheben. Einer sah den anderen an; ihr aller Gedanke war wider den gerichtet, der diese That vollbracht hatte. Aber sie durften sie nicht rächen. Es war an einer heiligen Friedensstätte[3].

Ein verwandter Fall, in welchem unverschuldete Tödtung gesühnt werden muss, findet sich in dem zweiten Liede von Sigurd, dem Fafnirstödter. Von Odin und Hönir begleitet, hatte Loki durch einen Steinwurf eine Otter getödtet, welcher die Asen den Balg abzogen. Sie ahnten nicht, dass es der Sohn Hreidmar's war, der die Gestalt einer Otter angenommen hatte. Dennoch müssen sie dem Hreidmar die absichtslose Tödtung seines Sohnes büssen, indem sie das Otterfell innen mit Gold ausfüllen und von aussen damit bedecken.[4]

Einen hochtragischen Conflict gewinnt aus der Strafbarkeit der ungewollten Tödtung das angelsächsische Heldengedicht Beowulf.[5]

[1] Vegtamskvida 10. Sophus Bugge, Norrœn Fornkvædi, Christiania 1867, S. 137.

[2] Hyndluljód 29. Bugge a. O. S. 159.

[3] Edda Snorra Sturlusonar ed. Jónsson 1875, S. 59. Vergl. Gylfaginning 34, wo dieselbe Reflexion es erklären will, weshalb die Asen den Wolf nicht tödteten.

[4] Sigurdarkvida Fáfnisbana 2, Bugge a. O. S. 212. Vergl. Grimm, Rechtsalterthümer S. 670.

[5] Ed. Heyne, v. 2436 ff.

Von den drei Söhnen des Geatenkönigs Hrêđel hatte der zweite, Hædcyn, das Unglück, seinen älteren Bruder durch einen Pfeilschuss zu tödten, der das Ziel verfehlte. Das bereitet dem Vater schweren Harm. Denn der Tod des Edeling fordert Sühne. Aber zu grauenvoll dünkt es dem König, dass sein zweiter Sohn auf dem Galgen reite und den Raben zum Raub werde. In dieser Seelenqual wird Hrêdel trübsinnig und wählt den Tod. Nach der Auffassung des Gedichtes hatte Hædcyn den Tod verdient. Er hatte mit Frevel gesündigt. Seine That galt für unsühnbar.

Dass die Götter- und Heldensage eine uralte Rechtsüberzeugung des Volkes wiederspiegelt, bestätigen vereinzelte Aussprüche der Rechtsquellen, sei es nun, dass sie das alte strenge Recht mit Bewusstsein festhalten, sei es, dass sie uns einen Einblick gewähren in den unablässigen Kampf, welchen strenges Recht und Billigkeit in der Behandlung der ungewollten Missethat zu kämpfen hatten. Dabei sind es weniger die Volksrechte der fränkischen Zeit, als vielmehr jüngere Quellen, in welchen die ursprüngliche Rechtsauffassung am klarsten hervortritt, eine Erscheinung, die sich daraus erklärt, dass man bei der Aufzeichnung der Volksrechte nur solche Fälle hervorzuheben bestrebt war, in welchen das alte Recht eine Milderung erfuhr, oder dass die Rechtsüberzeugung des Volkes durch die vorgeschrittene Theorie des Gesetzgebers überholt, aber nicht auf die Dauer überwunden worden war.

Von den deutschen Volksrechten enthält die Lex Baiuwariorum eine Bestimmung, aus der sich ergiebt, dass im bairischen Rechte der Fall der Abirrung gleich der gewollten That behandelt wurde. Wer den Leichnam eines Menschen verletzt, den ein anderer getödtet hat, sei es nun, dass er ihm das Haupt oder den Fuss oder das Ohr abhaut oder dass er ihm die geringste Blutwunde beibringt, verbricht eine Busse von zwölf Schillingen.[1] Die Lex setzt nun den Fall, dass die Leiche eines Ermordeten von Geiern oder anderen Aasvögeln entdeckt wird und diese sich darauf niederlassen, um sie zu verzehren. Jemand sieht dies und schiesst einen Pfeil ab, um einen der Vögel zu erlegen, trifft aber die Leiche, so dass sie verwundet wird. Dann hat der Schütze die Zwölfschillingsbusse verwirkt[2], ein Rechtssatz, der voraussetzen lässt, dass auch die Verwundung, die der abirrende Pfeil einem Lebenden beibringt, gleich der gewollten Verwundung geahndet wurde.

Ein Gesetz Roger's von Sicilien, das der ersten Hälfte des zwölften Jahrhunderts angehört, bestimmte vermuthlich unter dem Einfluss

[1] Lex Baiuw. 19, 6.
[2] Lex Baiuw. 19, 5.

normannischer Rechtsanschauung: qui de alto se ipsum precipitat et hominem occiderit et ramum incautus prohiciens non proclamaverit seu lapidem ad aliud iecit hominemque occidit, capitali sententia feriatur.[1] Die Stelle ist um so beweiskräftiger, als sie ihren Wortlaut zum Theil den Digesten entlehnt.[2] Während aber die Vorlage, eine Stelle des Paulus, die zwei erstgenannten Fälle erwähnt, um auszuführen, dass nur der dolus und nicht auch lata culpa der Anwendung der Lex Cornelia Raum gebe,[3] schreibt die normannische Constitution die bei Paulus ausgeschlossene Todesstrafe vor und dehnt sie auf den Fall der Abirrung aus.

Einen merkwürdigen Rückschlag hatte das westgothische Recht durchzumachen. Die Lex Wisigothorum unterscheidet bereits zwischen Fällen gewollter und ungewollter Tödtung, stellt aber für diese gekünstelte Normen auf.[4] Wohl weil sie nicht genügten, bestimmte Wamba in einer Satzung, die freilich der Lex nicht einverleibt worden ist: ut quicumque deinceps occiderit hominem, si volens aut nolens homicidium perpetraverit . . in potestate parentum vel propinquorum defuncti tradatur.[5]

Vereinzelte Rechtsquellen halten das strenge Recht theoretisch aufrecht, stumpfen es aber dadurch ab, dass sie seine Anwendung an kaum erfüllbare Bedingungen knüpfen. Eine berühmte Stelle des Pactus Alamannorum giebt für den Fall, dass jemand durch den Hund eines anderen todt gebissen wurde, dem Bluträcher den unbedingten Anspruch nicht auf das ganze, sondern nur auf das halbe Wergeld. Verlangt er aber das ganze, so soll er es haben, jedoch nur wenn er duldet, dass ihm der Hund über der Schwelle der Eingangsthüre aufgehängt werde und dort so lange hängen bleibt, bis er abgefault ist.[6] Wer von einem Baume fällt und herabstürzend einen Menschen tödtet, soll nach den sogen. Leges Henrici primi für unschuldig gelten. Falls dennoch jemand darauf bestünde die That zu rächen oder das Wergeld einzuklagen, so soll ihm die Rache gestattet sein, aber nur so, dass er selbst auf den Baum steigt, um den anderen todt zu fallen.[7] Dieselbe Lösung, die sich übrigens auch in

---

[1] Merkel, Commentatio, qua iuris Siculi sive assisiarum regum regni Siciliae fragmenta proponuntur 1856, S. 31, fragm. 42.

[2] L. 7 Dig. 48, 8 (ad legem Corneliam de sicariis).

[3] Neque in hac lege culpa lata pro dolo accipitur. quare si quis alto se precipitaverit et super alium venerit eumque occiderit aut putator, ex arbore cum ramum deiceret, non praeclamaverit et praetereuntem occiderit, ad huius legis coercitionem non pertinet.

[4] Wilda, Strafrecht S. 427 f. Dahn, Studien S. 143 f.

[5] Walter, Corp. iur. germ. I 668.

[6] Pactus Alam. III, 16.

[7] Leges Henrici primi 90, 7.

einem altindischen Märchen[1] findet, hat das Brieler Rechtsbuch, wo auf ein derartiges Lübecker Urtheil hingewiesen wird.[2] Die peinlich genaue Anwendung der Talion soll das strenge Recht ad absurdum führen, welches einst der Sippe des Getödteten die Befugniss gab Blutrache zu üben oder das Wergeld zu beanspruchen.

Im Gebiete des fränkischen Rechts und seiner Tochterrechte diente das königliche Recht der Billigkeitsjustiz als Auskunftsmittel, um das strenge Recht auszuschliessen, soweit es bei absichtslosen Missethaten noch festgehalten wurde.

Nach holländischem Rechte verwirkt noch im fünfzehnten Jahrhundert Leib und Gut an den Landesherrn, wer unwissend durch Ungefähr einen Menschen todtschiesst.[3] Doch vermag der Landesherr in solchem Falle die Strafe zu erlassen. Ein Beispiel gewährt eine Urkunde des Herzogs Philipp von Burgund vom 6. November 1425. Nach derselben hatte der Bürger van Delft, Aelwyn »by ongevalle ende onwetende sonder haet ende nyt« einen Mann todtgeschossen. Die Sache gelangte an den Landesherrn, welcher erklärt: So hebben wy .. Aelwyn voirnoemt quytgescouden ende vergeven, quytscelden ende vergeven mit disen brieve van alsulker brueke ende misdaet, als hy dair an tegen ons ende onser Heerlicheit misdaen ende verbuert mach hebben ende geven him weder syn lyf ende goeden, die dair aen tegen ons verbuert mogen wezen.[4] Daran schliesst sich der Befehl, den besagten Aelwyn in Frieden zu lassen und all sein Gut und ihn wegen des absichtslosen Todtschlages nicht zu belangen. Im Jahre 1438 verlieh Philipp von Burgund den Mitgliedern einer Schützengilde, der Sint Joris Gilde zu Leyden by speciaale gracien das Privileg, dass der Gildegenosse, der by ongeval of quader aventuren jemand todtschiesst, deshalb gegen den Landesherrn weder Leib noch Gut verwirke[5] unbeschadet der Sühne, die er den Magen des Getödteten schuldet.[6]

Der französische Jurist Beaumanoir widmet der absichtslosen Missethat eine längere Ausführung, welche in klassischer Weise den Übergang von der alten gebundenen zu einer neuen freieren Rechtsauffassung darstellt. Er giebt dem 69. Capitel seiner Coutumes du Beauvoisis die Überschrift: Cas d'aventures, qui avienent par mes-

---

[1] Kohler, Shakespeare vor dem Forum der Jurisprudenz S. 93.

[2] Matthijssen, Het Rechtsboek van den Briel ed. Fruin en Pols, S. 212.

[3] Rechtsgeleerde Observatien dienende tot opheldering van . . . passagien uyt de Inleidinghe tot de Hollandsche Rechtsgel. van Hugo de Groot, 3. Deel (1778) S. 250 f.

[4] Mieris, Groot Charterb. 4, 800.

[5] . . om dat wy onnosele (schuldlose) saecken altyts mit ontfermhertieheyt aensien willen . .

[6] Mieris, Handv. Privil. u. s. w. der Stad Leyden S. 289.

queance, es quix cas pités et misericorde doivent mix avoir liu que rude justice. Es sei in solchen Fällen Aufgabe der Gerichtsherrn, nicht immer vorzugehen selonc rigueur de droit.[1] Auch bei Behandlung einzelner Fälle hebt BEAUMANOIR gelegentlich hervor, dass Milde angebracht sei. Wenn jemand seinen Wagen wendet und dabei einen Menschen tödtet oder verwundet, c'est cas de mesqueance et bien appartient c'on ait misericorde du caretier, s'il n'apert quil versast à essient se carette por li blecier par hayne.[2] Wenn jemand zwei Streitende trennen will und durch Missgeschick denjenigen von ihnen tödtet oder verwundet, der sein Freund ist, misericorde apartient en cel cas.[3]

BOUTEILLER macht in seiner Somme rurale, wo er die Tödtung von Ungefähr bespricht, die wichtige Bemerkung: les coustumiers dient, que crime n'a point d'adventure, qu'il ne chée en peine de mort ou remission de Prince.[4] An einer anderen Stelle heisst es, dass, wenn ein schädliches Thier einen Menschen tödtet, nachdem der Eigenthümer von der Obrigkeit aufgefordert worden, es wegen seiner schädlichen Eigenschaft in Gewahrsam zu halten, dieser zum Tode und zur Friedlosigkeit (à mort et en exil) verurtheilt werde. Mais tant de remède y a, que de sa vie est en la volonté du seigneur, qui est roy ou prince souverain du royaume.[5]

Auch das englische Recht hält das Eingreifen der königlichen Gewalt für nöthig, um bei absichtslosen Missethaten Billigkeit walten zu lassen. Die sogen. Leges Henrici primi stellen den allgemeinen Grundsatz auf, dass büssen müsse, wer nicht schwören kann, quod per eum non fuerit aliquis vitae remotior, morti propinquior.[6] Während aber der Verfasser einerseits ausführt, es sei Rechtens, dass qui inscienter peccat, scienter emendet et qui brecht ungewealdes, bete gewealdes, fügt er nach Aufzählung einzelner Beispiele hinzu: in hiis et similibus, ubi homo aliud intendit et aliud evenit, ubi opus accusatur, non voluntas, venialem potius emendationem et honorificentiam iudices statuant sicut acciderit.[7] BRACTON zählt unter die Fälle der dem König vorbehaltenen Jurisdiction u. a. das Verbrechen des Todtschlags, das crimen homicidii, sive sit casuale vel voluntarium,

---

[1] Cout. du Beauvoisis 69, 18.
[2] A. O. 69, 1.
[3] A. O. 69, 8.
[4] Somme rurale II, 40, d'occire autre par cas d'adventure (ed. 1611, p. 870).
[5] Somme rurale I, 38 (p. 267), de la beste tuer homme.
[6] Leges Henr. primi 90. 11. Der Passus ist formelhaft. Bei BRACTON fol. 141^b und in der Fleta 50^b schwört der Beklagte: non occidi vel plagam ei feci tali (ullo) genere armorum, per quod remotior esse debuit a vita et morti propinquior. Vergl. BRACTON's Note Book ed. Maitland, III 400, Nr. 1460: quod .. nec per ipsum fuit morti appropiatus, nec a vita elongatus.
[7] Leges Henr. primi 90. 11.

licet eandem poenam non contineant, quia in uno casu rigor, in alio misericordia.[1] Dass die Anwendung der misericordia ein dem Könige vorbehaltenes Recht war, zeigt das Statut von Gloucester von 1278 (6 Edw. I), welches in c. 9 bestimmte, dass, wenn jemand einen Menschen tödtete soi defendant[2] ou par misadventure, derselbe in Haft gehalten werden, das Gericht aber an den König berichten solle. Et le roy lui en fera sa grace s'il luy pleist.[3] Nachmals gehörten solche Fälle zur Zuständigkeit der Court of Chancery, des Organs der königlichen Billigkeitsjustiz.[4]

Der Standpunkt, welchen die fränkischen Tochterrechte einnehmen, findet sich für bestimmte Fälle schon in karolingischen Capitularien angedeutet. So bestimmt ein Capitular Karl's des Grossen, dass die Haftung des Herrn für die Missethaten des Knechtes nicht über das Wergeld des freien Mannes hinausgehen solle.[5] Soweit diese Grenze nach Lage des Falles überschritten werden müsste, zieht ihn der König an sich, selbstverständlich um Billigkeit walten zu lassen. Ein Capitular von 819 enthält folgende Instruction an die Missi über Eintreibung der dem König gewetteten Schuld, worunter Friedensgeld und Bannbusse zu verstehen sind: Ut de debito, quod ad opus nostrum fuerit rewadiatum, talis consideratio fiat, ut si qui ignoranter peccavit, non totum secundum legem conponere cogatur, sed iuxta quod possibile visum fuerit.[6] Die Zahlung der Brüche ist dem strengen Rechte gemäss rechtsförmlich versprochen worden. Allein die Missi sollen bei Eintreibung der Brüche, wenn sie unwissentlich verwirkt worden war, Billigkeit walten lassen.

---

[1] Bracton fol. 104^{b}. Dagegen eilt Bracton seiner Zeit voraus, wenn er fol. 136^{b} mit Berufung auf Dig. 48, 8, l. 14 (in maleficiis autem spectatur voluntas non exitus) den Satz verficht, dass bei willenloser Tödtung freizusprechen sei. An einer anderen Stelle (fol. 120 f.) unterscheidet Bracton, ob eine erlaubte oder eine unerlaubte Handlung Anlass des Ungefährs war und ob im ersteren Falle die erforderliche Sorgfalt angewendet worden sei.

[2] Das englische Recht behandelt das »homicidium se defendendo« (wie das fränkische) nach Analogie der Tödtung von Ungefähr. In dem Rechtsfall Bracton's Note Book ed. Maitland III 229, Nr. 1216 v. J. 1236/7 urtheilt die Jury, dass der Beklagte non occidit in felonia set in se defendendo . . . Dominus rex de gracia sua et non per indicium perdonavit ei mortem illam et similiter fugam quam fecerat pro morte illa. Vgl. Ssp. Ldr. II, 14. Über den Begriff der Tödtung se defendendo Wilda, Strafrecht S. 563, Blackstone, Comm. 4, 186.

[3] Vergl. Fleta I, 23, §. 15: sed si talis . . convincatur per patriam (durch den Wahrspruch der Jury), quod id fecit per infortunium vel se defendendo, tunc remittatur gaolae et cum regi super facti veritate certioretur, gratiose dispensabit cum tali, salvo iure cuiuslibet (vergl. oben S. 5 zu Anm. 6).

[4] Siehe Coke, Institutes II 316 und vergl. Blackstone, Comm. 4, 182; 188.

[5] Cap. 803—813, c. 1, Boretius, Capit. I 143. Die Haftungsgrenze findet ihre Erklärung in Decretio Childeberti v. J. 596, c. 10.

[6] Cap. missorum 819, c. 15, Boretius, Capit. I 290.

Ein noch alterthümlicherer Rechtszustand ist darauf angewiesen, mit dem Billigkeitsgefühl des Verletzten zu rechnen. Nach schwedischen Rechten wird unabsichtliche Tödtung und Verwundung als Ungefährwerk (vaþaværk) nicht behandelt, wenn nicht beide Theile, der Thäter und der Verletzte, es wollen.[1] Es hing somit von dem Willen des Verletzten beziehungsweise seiner Sippe ab, ob sie die That als absichtslose wollten gelten lassen, wenn der Thäter seinerseits gewisse Bedingungen erfüllte, die noch unten zur Sprache kommen sollen.

Ein auffallendes Beispiel der Zähigkeit, mit welcher die Volkssitte die Verantwortlichkeit für schuldlos veranlasstes Unglück bei kaum wahrnehmbarer Causalität geltend machte, liefert ein nordfriesisches Urtheil vom Jahre 1439.[2] Ouen Alwerk braute Bier. Während er gerade abwesend ist, stehen Sweines Pons' Kinder bei der Braupfanne. Da gleitet die Pfanne vom Stapel und eines der Kinder wird so arg verbrannt, dass es am dritten Tage stirbt. Des Kindes nächste Magen wollen darum den Ouen Alwerk todtschlagen. Der Herr des Hauses, zu welchem er auf Besuch gekommen war, wehrt ihnen die Rache, tödtet aber dabei seinen eigenen Schwestersohn. Der Handel kommt vor sechs Schiedsrichter, die zu Recht finden, dass Ouen Alwerk den todten Mann und das todte Kind bezahlen und eine Pilgerfahrt nach Rom unternehmen müsse. Das Urtheil machte also Ouen Alwerk für beide Todesfälle verantwortlich, für den des Kindes, weil seine Braupfanne, für den des Mannes, weil in letzter Linie er den Tod desselben veranlasst hatte. Allerdings wurde das Urtheil von Ouen Alwerk gescholten und im Wege des Rechtszuges dahin abgeändert, dass jener des Kindes schlechthin, des todten Mannes aber dann quitt sein solle, wenn er schwöre, dass er den Hausherrn nicht kämpfen hiess. Nichtsdestoweniger findet die Auffassung jener harten nordfriesischen Bauernköpfe, die das Schiedsurtheil fanden, hinsichtlich des Kindes Stützpunkte in älteren Rechtsquellen, wenn wir voraussetzen, dass Alwerk, weil er das Unglück sich auch nicht als Ungefährwerk zurechnete und daher jede Haftung ablehnte, gewisse Massregeln unterlassen musste, welche der vollen Zurechnung des Unfalles vorgebeugt hätten.

II.

Trotz der Ahndung absichtsloser Schädigung war der begriffliche Gegensatz gewollter und ungewollter That den Germanen nicht fremd,

---

[1] Von Amira, Altschwedisches Obligationenrecht, S. 382.

[2] Von Richthofen, Friesische Rechtsquellen, S. 570.

Die Unterscheidung war sprachlich vorhanden.[1] So hatte das Altdeutsche um die rechtswidrige Absicht zu bezeichnen u. a. das Substantivum fâra, fârida, unser Gefährde, das Verbum fâren, intendere, insidiari (vergl. unser willfahren), die Adjectiva fâri, gifâri, fârig.[2] Die lateinisch geschriebenen Rechtsquellen der fränkischen Periode sagen: per malum ingenium, ingenium, voluntate, per invidiam, inimicitiam, praesumptionem, de asto. Den Gegensatz bildet die ân gevære, ân geværde, die ohngefähr begangene That. Sie schliesst nach unserer heutigen Auffassung sowohl die casuelle als die fahrlässige Handlung in sich, wobei denn freilich zu erwägen ist, dass das germanische Strafrecht entsprechend der pantheistischen Weltanschauung des germanischen Heidenthums den Zufall nicht kennt und einen gegen den casus abgegrenzten Begriff der Fahrlässigkeit ebensowenig ausgebildet hatte als das griechische und altrömische[3] Recht. Lateinisch wird der Begriff des Ohngefährs gegeben durch non volens, nolens, extra voluntatem, casu, casu faciente, negligentia, wobei casus die negligentia, negligentia nicht selten den casus deckt. Die Angelsachsen unterschieden gewealdes und ungewealdes[4], willes und unwilles. Die altfranzösische Rechtssprache nennt das durch Ungefähr veranlasste Übel mesaventure, misaventure und seine Ursache mescheance[5] oder meschief, Ausdrücke, die mit den Normannen auch in England heimisch wurden. Die Niederländer sprechen von ongevall, quade aventure, aventure.[6] Bei den Nordgermanen hiess die Ursache der absichtslosen Übelthat vaþi, wörtlich ein Ding, das Schrecken bringt[7] und wird demgemäss zwischen viliaverk oder valdsverk einerseits, vaþaverk andererseits unterschieden.

Gleich der sprachlichen geht auch die rechtliche Unterscheidung in hohes Alterthum zurück. Doch fehlt dem älteren Rechte der durchgreifende Rechtssatz, dass absichtslose That anders zu behandeln sei als absichtliche. Es wird nicht in jedem Einzelfalle untersucht, ob die That mit oder ohne fâra begangen worden sei. Sondern es gelten für Ungefährwerke bestimmte Typen von Thatbeständen, welche

---

[1] Siehe die Zusammenstellung der maassgebenden Ausdrücke bei von Amira in Paul's Grundriss II, 2, S. 171.

[2] Graff III 575. Daneben ahd. und ags. inwit, ags. fâcen, langob. de asto (in der allgemeinen Bedeutung von dolus).

[3] A. Pernice, Labeo II 243. Brunnenmeister, Das Tödtungsverbrechen im altrömischen Rechte 1887, S. 133.

[4] Siehe oben Seite 6 zu Anm. 7.

[5] Beaumanoir ch. 69, 1 ff. Von mescheoir, minus cadere, übel fallen.

[6] Stallaert, Glossarium van verouderde rechtstermen 1887, S. 105.

[7] Nach von Amira, Altschwedisches Obligationenrecht S. 376. Brandt, Forelæsninger over den Norske Retshistorie II 38. Wilda, Strafrecht S. 544.

derart gelagert sind, dass die Volksanschauung ohne Untersuchung des Einzelfalles das Vorhandensein böser Absicht ausschliesst.[1] Daneben kommt in Betracht, dass bei gewissen Verbrechen, z. B. allgemein bei der Brandstiftung die böse Absicht als begriffliches Merkmal in den Thatbestand aufgenommen war.[2] So reicht einerseits die Behandlung der Tödtungen, die durch Thierfallen, Brunnen, Gruben veranlasst wurden oder bei dem Fällen eines Baumes geschahen, andererseits die Behandlung der Feuerverwahrlosung[3] sicherlich in sofern in die altgermanische Zeit zurück, als sie nicht für Friedensbrüche galten. Die Absichtslosigkeit muss, wo nicht ausnahmsweise die böse Absicht zum Thatbestande gehört, zu sinnfälligem, allgemein begreiflichem Ausdruck gelangen. Darum hält man es für typisches Ungefähr, wenn die aufgehängte Waffe herabfällt und einen Menschen tödtet oder wenn das durch ein Geschoss geschieht, das von einem Steine abprallt. Dagegen sträubt man sich die Tödtung durch ein unmittelbar aus der Hand des Schützen abirrendes Geschoss als Ungefähr zu behandeln, weil in diesem Falle der Gegensatz von Wille und That in dem Thatbestande nicht zur Genüge verkörpert ist.

Der typische Zuschnitt der Ungefährwerke kann zur Folge haben, dass im einzelnen Falle als absichtslos auch eine That behandelt werden muss, welche die Form des Ungefährs an sich trägt, obwohl sie absichtlich begangen wurde.[4] Beseitigt oder doch wenigstens vermindert wird diese Gefahr durch das Erforderniss gehöriger Verklarung der That. Nach manchen Rechten gehört nämlich zum Thatbestande des Ungefährwerkes oder doch gewisser Ungefährwerke ein bestimmtes Benehmen des Thäters nach der That,[5] insbesondere eine Handlung, durch welche er den Unfall als Ungefähr constatirt, eine Verklarung des Unfalls, welche mit der Verklarung des deutschen Seerechts verwandt ist.[6]

---

[1] H. Brunner, Deutsche Rechtsgeschichte I 165. Holtzendorff's Encyclopaedie, 5. Aufl. I 222.

[2] Das trifft in den deutschen Volksrechten und ebenso in den nordgermanischen Quellen mit verblüffender Regelmässigkeit zu. Rothari 146; 149. Lex Alam. 76. Lex Baiuw. 10, 1. Lex Rib. 17, 1. Lex Fris. 5, 1. Lex Sax. 38. Gulaþingslög 98. Skånelagen 14, 5. Sunesen 61; 129. Den dolus schliessen auch die Ausdrücke focum mittere, Feuer setzen, für Brandstiftung, bläsere (angelsächsisch) für Brandstifter in sich. Vergl. noch die schwedischen Stellen bei Wilda, Strafrecht S. 945.

[3] Dafür fällt u. a. auch die Übereinstimmung zwischen Rothari 148 und Lex Sax. 55 in's Gewicht.

[4] Von Amira in Paul's Grundriss S. 172.

[5] Von Amira, Altschwed. Obligationenrecht S. 379 ff. Wilda, Strafrecht S. 595.

[6] Ein Gegenstück zur Behandlung des Ungefährs bildet die des Mordes im salischen Rechte. Wie dort, so wird auch hier ein bestimmtes Benehmen des Thäters

Nach nordischen Rechten wird Ungefähr als solches nur dann behandelt, wenn der Thäter, ohne den Rechtsgang abzuwarten, einen Eid anbietet und schwört, ausserdem die Leistung gelobt und sicherstellt, die er in Folge der That schuldet. Der Eid heisst schwedisch vaþaeþer und lautet dahin, dass dieses kam von vaþi und nicht von vili. Er ist ein ausserprocessualischer Eid.[1]

Dass auch nach westgermanischen Rechten der Thäter die Sache nicht immer an sich kommen lassen durfte, folgt schon daraus, dass er ein Interesse hatte, die That als Ungefähr zu verklaren, um die Fehde auszuschliessen, die statt des Rechtswegs zu wählen in gewissen Fällen, namentlich bei Todtschlag, ein Recht des Verletzten bez. der beleidigten Sippe war. Übrigens finden sich auch in den deutschen Quellen deutliche Spuren eines dem vaþaeþer verwandten Eides. Man darf ihn, obwohl er die Arglist, das Gefährde, negirt, als Gefährdeeid mit demselben Rechte bezeichnen, mit welchem wir das iuramentum calumniae so nennen.

Nach der Lex Saxonum kann der Herr, dessen Lite einen Todtschlag verübte, den Liten preisgeben und selbzwölft schwören: se in hoc conscium non esse. Die That darf dann nur an dem Liten und sieben seiner Magen gerächt werden.[2] Der Eid des Herrn ist als ein der Rache und Klage zuvorkommender ausserprocessualischer Eid aufzufassen, weil er den Zweck hat, die Fehde auf den Liten und dessen Magschaft zu beschränken und die Erhebung der Fehde gegen den Herrn eine gerichtliche Klage nicht voraussetzen, sondern ausschliessen würde. Auch in Stellen des langobardischen, des angelsächsischen, friesischen und alemannischen Quellenkreises finden sich Beispiele von Gefährdeeiden, welche als ursprünglich ausserprocessualische aufzufassen wenigstens möglich ist.[3]

Das fränkische Recht verlangt in Fällen erlaubter Tödtung einen ausserprocessualischen Gefährdeeid, welchen hier zu besprechen ge-

---

nach der That verlangt. Aber nicht Verklarung, sondern Verdunklung der That. Der Todschlag qualificirt sich als Mord durch die Absicht der Heimlichkeit. Diese Absicht muss sich nach salischem Rechte darin äussern, dass der Todtschläger den Leichnam des Erschlagenen zu verbergen sucht. Wie beim Ungefähr, wird beim Morde aus dem Benehmen des Thäters nach der That zurückgeschlossen auf die Beschaffenheit des Willens während der That, aus der Verklarung auf den Mangel des bösen Willens, aus der Verbergung des Leichnams auf die Absicht der heimlichen Tödtung.

[1] Von Amira, a. O. Für das dänische Recht siehe Erik's Saell. Lov (ed. Thorsen) c. 93 (III. 15).

[2] Lex Saxonum c. 18.

[3] Rothari 264; 342 (quia... mox debuit proprio domino innotescere). Knut II. 75. Lex Fris. I. 13 (vergl. Richthofen, friesische Rechtsquellen 60, 32). Lex Alam. 78. 6.

stattet sei, weil er den salischen Gefährdeeid bei Ungefähr in helleres Licht setzt. Wer einen handhaften Missethäter erschlug, der sich der Festnahme widersetzte, soll nach Lex Ribuaria 77 beschwören, dass er ihn als friedlosen Mann erschlug. Sin autem ista non adimpleverit, homicidii culpabilis iudicetur. In einer Formel von Tours (30) wird ein Rechtsfall berichtet, wie jemand von einem anderen räuberisch angefallen, diesen aus Nothwehr tödtete. Er schwört deshalb zunächst, sicut mos est, in die Hände des Richters einen Zwölfereid, dass die Sache sich so verhalten habe: et sic est veritas absque ulla fraude vel conludio et in sua culpa secundum legem ipsum ferrobattudo fecit. Dieser Zwölfereid war kein processualischer Eid. Denn trotz dieses Eides ergeht hinterher das Urtheil, dass der Mann, der die Nothwehr freiwillig beschworen hatte, binnen 40 Nächten mit 36 Helfern schwören müsse. Et si hoc facere potuerit, de ipsa morte quietus valeat residere.[1]

Nach Lex Salica 36 soll der Eigenthümer eines Hausthieres, welches einen Menschen getödtet hat, die Hälfte des Wergeldes zahlen und für die andere Hälfte das Thier ausliefern, falls der Kläger die Tödtung per testes beweist.[2] Das Erforderniss des Beweises setzt voraus, dass Klage erhoben wurde und der Beklagte die That geleugnet oder doch jedenfalls nicht eingeräumt hatte. Eine Anzahl von Texten der Lex Salica macht aber die Pflicht zur Zahlung des Wergeldes noch von einer anderen Bedingung abhängig. Sie fügen nämlich hinzu: dum et ille dominus, cui pecus fuisset, antea legem non adimplevit.[3] Eine Gruppe von Handschriften sagt dann am Schluss der Stelle: Si enim dominus intellexerit,[4] per lege se defendere potest, ut nihil pro ipso pecore solvat.[5] Die Emendata verlangt vom Kläger den Beweis: quod dominus pecudis antea legem non adimpleret. Unter dem legem adimplere, welches antea, d. h. vor Erhebung des Rechtsstreites geschehen muss, ist m. E. die Leistung des Gefährde-

---

[1] Der Tenor dieses zweiten Eides ist in Form. Turon. 31 angegeben. Er entspricht dem ersten. Doch fehlt das »absque fraude vel conludio«.

[2] Et hoc (per) testibus fuerit adprobatus, Hessel's Cod. 1 u. 2; et hoc per (cum) testibus potuerit adprobare, Cod. 2—6, 10; et hoc parentes illius testibus potuerint ad probare, Cod. 7—9.

[3] So in Cod. 5 und 6; dum ille dominus pecoris antea legem non adimpleverit, Cod. 7, 8, 9; dum illius dominus cuius pecus erat ante legem non adimplevit, Cod. 10 (Herold).

[4] Wenn er von dem Unfall Kenntniss erhalten hat.

[5] Cod. 7, 8, 9. Die Heroldina hat: si vero pecoris dominus vitium in eo non intellexerit, secundum legem exinde se potest defendere et de ipso pecore nihil solvat (d. h. wenn der Herr nicht wusste, dass das Thier ein schädliches Thier sei, dessen Fehler nicht kannte).

eides und die sofortige Auslieferung des Thieres zu verstehen.[1] Das geht aus der Vergleichung mit Lex Salica 35,5 und Edictum Chilperici c. 5 hervor. Hat ein Knecht oder Lite einen Menschen getödtet, so wird er für die Hälfte des Wergelds den Verwandten des Getödteten ausgeliefert. Die andere Hälfte hat der Herr zu zahlen. Jüngere Texte haben den Zusatz: et si intellexerit, de lege potest se obmallare ut hoc non solvat,[2] aut si intellexerit, de lege se obmallare potit, ut ipsa leode non solvat.[3] Der Zusatz beruht auf c. 5 des Edictum Chilperici:[4] si servus hominem ingenuum occiderit, tunc dominus servi cum VI iuramento (affirmet) quod pura sit conscientia sua, nec suum consilium factum sit nec voluntatem eius et servum ipsum dit ad vindictam. Offenbar ist es ein derartiger Gefährdeeid und die Preisgebung des Thieres, was die jüngeren Texte der Lex Salica in Titel 36 meinen. Beide Handlungen müssen erfolgt sein, ehe es der Eigenthümer zur Klage kommen liess, wie besonders aus der Fassung der Emendata deutlich hervorgeht.

Eine niederländische Rechtsquelle, das Brieler Rechtsbuch[5], erwähnt einen Gefährdeeid für den Fall, dass der Diener, den Jemand gedungen, durch Ungefähr den Tod findet. Besorgt deshalb der Herr eine Ansprache von Seite der Obrigkeit oder ongonste ende bedenckenisse von Seite der Verwandten[6], so bittet er den Richter einen Tag zu setzen, damit er sich entrede von seines Boten Tod.

---

[1] Nach schwedischen Rechten darf es der Thiereigner nicht auf den Process ankommen lassen, wenn er nicht strafrechtlich verfolgbar werden will, d. h. er muss aus freien Stücken anbieten, was er zu leisten hat, die framsæld, nämlich die Auslieferung des Thieres und die orunbot. Von Amira, Altschwed. Obligationenrecht S. 397.

[2] Cod. 5 und 6.

[3] Cod. 7, 8, 9. Cfr. Cod. 10 und Emendata.

[4] Das bemerkten schon Jastrow, Zur strafrechtlichen Stellung der Sklaven bei Deutschen und Angelsachsen 1878, S. 17 und Leseur, Les conséquences du délit de l'esclave, Revue historique de droit français et étranger 1888, S. 702.

[5] Matthijssen ed. Fruin en Pols S. 210 f.

[6] Mit Recht sagt schon Wilda, Strafrecht, S. 554: Es müssen diejenigen, welche im Geschäft oder Dienst eines anderen umgekommen oder beschädigt wurden, von diesem vergolten werden. Unbegründet ist der Widerspruch, welchen Hertz, Die Rechtsverhältnisse des freien Gesindes in Gierke's Untersuchungen 6, 59 dagegen erhebt. Den in Rothari 152 vermissten Beweis liefern u. a. Paenitentiale Valicellanum I. c. 15 bei Wasserschleben, Bussordnungen S. 549 (II. c. 8 bei Schmitz, Bussbücher 1883), wo die Arten absichtslosen Todtschlags angeführt werden: quartum (genus nolentis homicidii), cum quis in suo aedificio aliquem operandi causa solummodo invitaverit et ille forte hoc tunc morte periclitaverit, invitator eius III annos peniteat eo quod pro suo eum conduxerit opere; quintum, cum quis in quocumque suo officio vel ministerio sive per arborem, sive per ignem, sive per aquam, sive per qualecunque opus suum aliquis quovis periclitaverit casu, V annos peniteat eo quod casu hoc accidit, ferner Leges Henrici primi 90 c. 11: si quis alii missione in missatico causa mortis sit ...

Nachdem er herausgegeben, was er von des Todten Habe in seinem Hause hatte, und den rückständigen Liedlohn bezahlt hat, sagt ihm ein Urtheil der Schöffen, er solle schwören, dass B. sein Knecht by versuuimenisse sijns tselfs ende by quader aventuren ende sonder toedoen van hem van live ter doot comen is. Der Herr schwört diesen Eid und bittet dann um ein Urtheil: so hy hem aldair mit recht ende vonnes . . hem selven ghevrijt heeft von B' doot, dat hy dairof vry ende onbelast wesen sal jeghen der heerlicheit, jeghen B' vrienden ende maghen ende jeghen yghelic anders. Ueber das Urtheil: vry ende quyte van B' doot, lässt er sich schliesslich einen Stadtbrief geben.

Einen ähnlichen Gefährdeeid zeigen niederländische Verklarungsurkunden aus der ersten Hälfte des fünfzehnten Jahrhunderts.[1] Kam auf einem Schiffe ein Schiffsmann durch Ungefähr um das Leben, so hatte der sciplieer unter Eideshülfe seiner Leute mit aufgereckten Fingern einen gestabten Eid zu schwören, dass der Verunglückte aflivich geworden is by crancker aventuer ende by sijn selfs versumenisse sonder yements toedoen.[2] Auch die Verklarung von Seeunfällen, welche Schiff und Ladung betreffen, war nach deutschen Seerechten ursprünglich nicht ein Zeugenbeweis zum ewigen Gedächtniss, sondern ein Eid mit Helfern, ein ausserprocessualischer Gefährdeeid, durch welchen der Schiffer und seine Leute die Schuld an dem Unfalle von sich ablehnten.[3]

Im allgemeinen ist bei den deutschen Stämmen der ausserprocessualische Gefährdeeid schon früh in einen processualischen verwandelt worden,[4] indem man bei Ungefährwerken, die als solche beschworen werden mussten, dem Verantwortlichen auch nach erhobener Klage gestattete die Absichtslosigkeit geltend zu machen und eidlich zu erhärten.

III.

Die Behandlung des Ungefährs, welches als solches anerkannt war, gestaltete sich verschieden in den verschiedenen Rechten und zu verschiedenen Zeiten. Gemeinsam ist, dass die That nicht als

---

[1] Fruin, De oudste Rechten der Stad Dordrecht 1882, II 52, Nr. 70 v. J. 1427. Vergl. Nr. 99, S. 75 v. J. 1436, wo ein Zeugenbeweis geführt wird.

[2] Laut der Verklarung von 1427 hinterlegte der Schiffer vor Gericht des Verunglückten Lohn, eine gute Krone. Der Bruder desselben nimmt sie in Empfang ende vordroege ende quijtsconde II. ende Y. daerof alle moynisse. Fruin II 52, vergl. I 235, Nr. 79.

[3] Meno Pöhls, Handelsrecht III, 2, S. 688 f. R. Wagner, Handbuch des Seerechts I 399.

[4] Vergl. von Amira in Pauls Grundriss a. O. S. 172.

Friedensbruch angesehen wird und dass daher die Rache und Fehde,[1] sowie die Zahlung von Friedensgeld ausgeschlossen bleibt. Dagegen legt das ältere Recht wenigstens in den meisten Fällen dem Verantwortlichen die Pflicht auf, volles Wergeld bezw. volle Busse zu zahlen.

Strafrechtliche Ahndung ist damit nicht völlig ausgeschlossen. Denn die Compositio geht auch nach Abzug des Fredus durchaus nicht gänzlich in dem Gedanken des Schadenersatzes auf. Soweit sie nicht einen rein pönalen Charakter hat,[2] schliesst sie regelmässig Ersatz und Strafe in sich.[3] Doch zeigt sich schon früh die Tendenz, die Ungefährbussen möglichst auf den Schadenersatz einzuschränken, die Strafe, soweit eine solche in der Compositio steckt, auszuschliessen. Das geschieht aber nicht etwa in der Weise, dass ein der Lage des Falles entsprechender Ersatzanspruch gegeben wird, sondern so, dass nur eine Quote, z. B. die Hälfte oder ein Drittel des Wergeldes oder der Busse verlangt wird. So hat nach salischem Rechte der Herr, wie bereits oben bemerkt wurde, bei Auslieferung des schuldigen Knechtes oder des schädlichen Thieres, die einen Freien tödteten, nur die Hälfte des Wergeldes zu zahlen. Es scheint dies gerade jene Quote des Wergeldes zu sein, die man bei den Franken als Ersatz zu betrachten geneigt war. Ein jüngeres Stadium der Entwickelung bezeichnet es, wenn das Recht nicht mehr eine Quote der Compositio, sondern schlechtweg den Schadenersatz verlangt. Manchmal wird die Haftung noch weiter abgeschwächt, insbesondere auf eine blosse Sachhaftung eingeschränkt, zumal wenn der Verantwortliche gewisse, die Verantwortlichkeit abwälzende Bedingungen erfüllt, von welchen noch unten die Rede sein wird. Dagegen ist der Grundsatz des entwickelten römischen Rechtes, dass Haftung nur im Falle der culpa begründet sei, dem deutschen Rechte in der Zeit seiner ungestörten nationalen Entwickelung fremd geblieben, eine Erscheinung, die nicht etwa nur aus dem jugendlichen Charakter des deutschen Rechtes zu erklären ist, sondern mit seiner socialen Structur zusammenhängt, wie denn z. B. die Zahlung des Wergeldes in gewissen Fällen unverschuldeter Tödtung wirthschaftliche Functionen versah, für welche

---

[1] Mit den bekannten Stellen der deutschen Volksrechte, Lex Burg. 18,1, Roth. 75; 138; 387, Liu. 136, Lex Sax. 57, 59 vergl. man BEAUMANOIR, Cout. du Beauvoisis ch. 69,3 über den Fall der Abirrung: on ne lor en doit riens demander, ne metre en guerre celi qui trait le seete.

[2] So die salischen Diebstahlsbussen, welche neben dem Ersatz (capitale und dilatura) zu leisten sind, so die salischen Bussen für Lebensgefährdung (seolandefa), bei welcher ein damnum nicht vorliegt.

[3] So die Busse für Tödtung eines Knechtes, die sich bei den Franken nach Abzug des fredus als Verdoppelung des Sachwerthes darstellt. Siehe H. BRUNNER, Deutsche Rechtsgeschichte I 232.

unsere neueste Reichsgesetzgebung die Rechtssätze über Haftpflicht und Unfallversicherung geschaffen hat.[1]

Der Fortschritt in der Behandlung des Ungefährs zeigt sich im allgemeinen darin, dass die strafrechtliche Verantwortlichkeit mehr und mehr der rein civilrechtlichen weicht und die Zahl der Typen des Ungefährs vermehrt wird, indem sie zugleich eine abstractere Ausprägung erfahren.

Der Einfluss, den die Kirche auf diese Entwickelung nahm, darf nicht überschätzt werden. Einerseits finden sich Rechtssätze, in welchen, weil ein kirchliches Interesse in Frage steht, die absichtslose That schonungslos gleich der absichtlichen geahndet wird, wie z. B. der durch Ungefähr veranlasste Brand einer Kirche.[2] Andererseits stehen die kirchlichen Bussbücher z. Th. unter dem Einfluss des germanischen Rechtes. Dass unfreiwillige Tödtung kirchlich gebüsst werden musste, war allerdings altes kirchliches Recht. Schon das Concil von Ancyra verlangt dafür mehrjährige Busse. Allein rein germanisch ist es, dass die Fälle casueller Tödtung in einzelnen Bussbüchern typisch behandelt werden. So zählt ein fränkisch-langobardisches Paenitentiale[3] sieben »genera nolentia homicidiorum« auf, darunter den Fall, dass der für einen Bau gedungene Arbeiter durch denselben verunglückt, dass jemand im Dienste eines anderen, durch einen Baum oder durch Feuer oder Wasser sive per qualecumque opus suum von Ungefähr das Leben verliert, dass jemand auf ein Thier schiesst und einen Menschen trifft, dass der Arzt den Kranken zu Tode kurirt, dass die nutrix ein Kind erdrückt.

IV.

Als eine besondere Gruppe heben sich unter den Ungefährwerken diejenigen heraus, in welchen der zunächst Verantwortliche die Verantwortung theilweise oder gänzlich auf ein caput nocens, auf den unmittelbaren auctor criminis abwälzen konnte, für welchen er nach strengem Rechte als Eigenthümer haftete. Solche Haftung bestand

---

[1] Argum. Rothari 144; 152. Siehe oben S. 13 Anm. 6.

[2] Lex Salica, Herold 71 (Hessels, Sp. 358): si quis voluntario ordine aut fortasse per negligentiam basilicam incenderit . . . 8000 den. qui fac. sol CC. (culp. iud.), eine Bestimmung, die um so härter ist, als sonst gerade bei der Brandstiftung böse Absicht verlangt wurde. Vergl. noch Cap. legg. add. 818/9, c. 1, I 281.

[3] Valicellanum I, c. 15 bei Wasserschleben S. 549 (II, c. 8 bei Schmitz). Es beruht auf Columbanischer Grundlage, ist m. E. langobardischer Herkunft und geht vermuthlich auf den Einfluss Bobbios zurück. Der Versuch von Schmitz, eine Anzahl von Bussbüchern, darunter die beiden Valicellana auf römischen Ursprung zurückzuführen, darf, wie das ganze Buch, nicht ernst genommen werden.

für Unthaten des Knechtes und für Unfälle, welche durch Hausthiere, ja sogar für solche, welche durch leblose Gegenstände verursacht wurden. In all den Fällen dieser Haftung lässt sich ein auffallender Parallelismus der Entwickelung wahrnehmen.

Es gab eine Zeit, da der Herr für Unthaten des Knechtes die volle Verantwortung trug. Er war der Fehde ausgesetzt oder hatte die Missethat als Processpartei zu vertreten und zu sühnen. Diese unbeschränkte Haftung des Herrn wurde nur für den Fall der Mitwissenschaft aufrecht erhalten, im Übrigen aber die Vergeltung theilweise oder gänzlich auf das Haupt des Unfreien gelegt. Wie für die processualische Behandlung der Sklavendelicte sich im fränkischen Rechte zunächst ein besonderes Beweisverfahren gegen den Sklaven, dann ein selbständiger Sklavenprocess ausbildet, so entsteht ein besonderes Sklavenstrafrecht, welches den Herrn seiner Haftung mehr und mehr entlastet.[1]

Der Ausgangspunkt dieser Entwickelung liegt in der Auslieferung und in der Preisgebung des Unfreien. So lange die Fehde erlaubt war, stand es bei Tödtungen in der Wahl der Sippe, gegen den Herrn die Fehde oder den Anspruch auf Sühne geltend zu machen. Seit die Fehde auf den Fall der Mitwissenschaft beschränkt ist, hatte der Herr, um den Todtschlag zu sühnen, den ohne sein Wissen der Knecht begangen hatte, an die Magschaft des Getödteten das Wergeld zu zahlen und den schuldigen Knecht auszuliefern, an welchem sie Vergeltung übte. Die That des Knechtes wird nicht mehr als absichtliche That des Herrn, sondern, wenn er den Schuldigen ausliefert, nur noch wie ein Ungefährwerk des Herrn behandelt. Das ist im Wesentlichen der Standpunkt des altlangobardischen Rechtes, nach welchem der Herr die volle compositio zahlt, in welche der Werth des »ad occidendum« ausgelieferten Sclaven einzurechnen ist.[2] In anderen Rechten wird die Haftung des Herrn auf eine Quote des Wergeldes beschränkt. So auf die Hälfte im salischen Rechte, nach welchem die Zahlung der anderen Hälfte durch die Auslieferung[3] des Unfreien ersetzt wird. Mit dem halben Wergeld begnügt sich auch das alamannische Recht.[4] Zwei Drittel verlangen das mittel- und das westfriesische Recht.[5] Bei den Franken wurde es dem Herrn gestattet,

[1] Georg Meyer, Z. f. R. G. germ. Abth. II 94 ff. Leseur a. O. S. 576 ff.

[2] Rothari 142 bei Giftmord. Dass es nicht darauf beschränkt war, zeigt Luitprand 21. Cf. Grimuald 3. Georg Meyer, a. O. S. 91, Anm. 2.

[3] Lex Salica 35,5. Die Auslieferung erwähnen u. a. auch Lex Alam. 30 (bei Diebstahl in curte ducis), die Lex Baiuw. 8, 2; 8, 9 (bei Ehebruch und Unzucht), Hloth. und Eadric 1—4, Ine c. 74.

[4] Pactus Alam. III, 17.

[5] Lex Frisionum 1, 13.

sich durch Erfüllung gewisser Bedingungen von jeder persönlichen Haftung zu befreien, so nach Chilperichs Edict (c. 5), indem er den Gefährdeeid schwört und den Knecht ad vindictam ausliefert oder, falls dieser entflohen war, sein Recht daran aufgiebt.

Verschiedene Rechtsquellen verlangen nicht geradezu die Auslieferung, sondern begnügen sich mit einem einseitigen Entäusserungsacte, durch welchen der Herr den missethätigen Eigenmann aufgiebt. So soll nach Lex Saxonum c. 18 der Herr, dessen Lite einen Todtschlag beging, diesen entlassen (dimittatur a domino) und damit der Rache der beleidigten Sippe preisgeben, wodurch sich der Herr, wenn er den Gefährdeeid schwört, von jeder persönlichen Haftung befreit. Nach Ine c. 74 darf der Herr den wälischen Knecht, der einen Engländer erschlug, freigeben (gefreógan). Hat der Wäle eine freie Magschaft, so mag diese das Wergeld für ihn bezahlen. Wenn nicht, so mögen seine Feinde sich seiner bemächtigen.[1] Ein einseitiges dimittere kannte auch das fränkische Rechtsleben. Hat ein Schuldknecht eine Missethat begangen, so kann sich der Herr der persönlichen Haftung entledigen, indem er den Schuldknecht vor Gericht aufgiebt (demittit), wodurch er freilich auch seine Forderung verliert.[2] Auch bei eigentlichen Knechten suchten sich im fränkischen Reiche die Herren durch einseitigen Abandon zu helfen. Allein dies wurde durch karolingische Capitularien im Interesse des Landfriedens und der Strafjustiz verboten und der Grundsatz aufgestellt: nemini liceat servum suum propter damnum ab illo cuilibet inlatum dimittere.[3]

Nach jüngeren Quellen des deutschen Rechtes, welche die Missethat des Knechtes ausschliesslich ihm selbst zurechnen, haftet der Herr nur, wenn er ihn, nachdem er die Unthat erfahren hatte,

---

[1] hêdan his þâ gefân. Schmid übersetzt: sich hüten. Hêdan heisst aber einerseits jemanden hüten, observare, andererseits auch sich bemächtigen. Exodus 583. Metr. 27, 15. Grein, Sprachschatz s. h. v.

[2] Cap. legg. add. 803, c. 8, Boretius, Capit. I 114.

[3] Cap. legi Rib. add. v. J. 803, c. 5, Boretius, Capit. I 117. Cap. 803 — 813, c. 1, I 145. Ob unter dem dimittere ein formloses Aufgeben oder eine förmliche Freilassung zu verstehen sei, ist streitig. Für das erstere v. Richthofen in Mon. Germ. LL. V 57, Anm. 43, dagegen neuerdings Leseur, Revue historique de droit français 1888, S. 583, Anm. 1, S. 704 ff. aber nicht überzeugend. Trotz des Verbotes der dimissio finden wir die rechtsförmliche Freilassung im südlichen Gallien, wahrscheinlich als Nachwirkung des bekannten römischen Grundsatzes: noxa caput sequitur (Lex Rom. Wisig. Paulus II, 32, § 12). Laut einer Urkunde von 819, Vaissete, Hist. de Languedoc II Nr. 49 wurde ein Knecht freigelassen, welchem wegen Todschlags amtliche Verfolgung drohte. Die Freilassung vermittelt ein Abt, den der Herr gebeten hatte, ut si de Benedicto servo suo aliquid contingeret de parte imperatoris aut Berengarii comitis, qui eum requirebat propter homicidium, unde eum interpellabat ... ingenuum eum faceret. Die Urkunde steht auch bei Thévenin, Textes relatives aux institutions privées etc. p. 80.

in seiner Were behält, wenn er ihm Nahrung giebt oder wenn er ihn durch längere Zeit (z. B. über Nacht) behält oder wenn er ihm mehr als einmal zu essen giebt. Dieser Grundsatz galt auch für den Hausherrn schlechtweg in Ansehung der Hausangehörigen, insbesondere der Hauskinder.[1] Er beruht auf dem Gedanken, dass wer den Verbrecher, den Friedlosen beherbergt oder unterstützt, sich strafbarer Begünstigung schuldig macht.[2]

Das Schicksal des ausgelieferten oder preisgegebenen Knechtes lag ursprünglich in der Hand des Verletzten bez. seiner Sippe.[3] Doch forderte bei Tödtungen und bei schwereren Missethaten die Volksanschauung schon aus religiösen Gründen den Tod des Schuldigen, der einstens wohl regelmässig Opfertod war, wie denn überhaupt das sacrale Moment der sogenannten Todesstrafe auch in Fällen der Rache, namentlich bei Auslieferung des Verbrechers an den Verletzten eine bedeutsame Rolle spielte.[4] Nach Rothari 370 soll der Knecht des Königs, der einen Mord begangen hatte, über dem Grabe des Ermordeten aufgehängt, nach Lex Salica 70 der Knecht, der sich mit einer Freien verbunden hatte, gerädert werden. In beiden Fällen handelt es sich um Racheacte der beleidigten Sippe.[5]

---

[1] Siehe STOBBE, Deutsches Privatrecht III 389. RIVE, Vormundschaft II, 2, S. 56 f. HERTZ, Rechtsverhältnisse des freien Gesindes in GIERKE's Untersuchungen 6, 43 ff. SIEGEL und TOMASCHEK, die Salzburgischen Taidinge 1870, S. 433 in den unter Antwortpflicht angeführten Stellen.

[2] So schon RIVE a. O. S. 56. Über das altnorwegische Recht siehe insbesondere VON AMIRA, Vollstreckungsverfahren S. 81 f.

[3] Unbegründet sind m. E. die Zweifel, welche VON AMIRA, Vollstreckungsverfahren S. 84 gegen die Rache an dem unebenbürtigen Knechte, an dem unvernünftigen Thiere erhebt. Siehe oben S. 831 f. und unten S. 835 Anm. 4.

[4] Das Verbrennen wegen Zauberei in Lex Sal. 19, 1 Cod. 2 ist eine Handlung der beleidigten Sippe. Denn in erster Linie steht auf Giftmord Zahlung des Wergelds, eventuell Feuertod, nämlich bei Insolvenz, also in dem Falle, in welchem der Schuldige nach salischem Rechte dem Verletzten übergeben wird. Als Racheact ist es auch zu erklären, wenn Fredegunde (Gregor. Tur. Hist. Franc. 6, 35) geständige Hexen, weil sie den Tod des Königssohnes verschuldet hatten, theils verbrennen, theils rädern lässt. Nach dem Briefe des heiligen Bonifacius an Aethilbald von Mercien (JAFFÉ, Bibliotheca III 172) a. 744—747 wurde bei den Altsachsen die Entehrte gezwungen sich das Leben zu nehmen. Über ihrem Grabe wurde dann der Entehrer aufgehängt. Die ihn aufhängen, sind dieselben, welche die Entehrte zum Selbstmorde zwingen. Nur Genossen der verletzten Sippe können damit gemeint sein.

[5] Gregor von Tours erzählt Hist. Franc. 7, 47, dass ein Sklave, der seinen Herrn verwundet hatte, von dessen Verwandten mit abgehauenen Händen und Füssen an den Galgen gehängt wurde. Nach ÖSTGÖTALAGEN Db. 13, § 2 darf der Unfreie, den der Herr nicht auslöst, von den Verwandten des Erschlagenen mit dem Eichenstrang um den Hals am Thürpfosten seines Herrn aufgehängt werden. VON AMIRA, Altschwed. Obligationenrecht I 708. Die Bemerkung BRUNNENMEISTER's, Tödtungsverbrechen im altröm. Recht S. 173, dass bei den Germanen die Blutrache mit religiösen Vorstellungen nichts zu thun habe, lässt sich nicht aufrecht erhalten.

Seit die Christianisierung der Germanen die religiösen Motive der Rache abschwächte, begann die Rechtsordnung auf verschiedene Weise die Bestrafung des Schuldigen sicher zu stellen. Sie verhängte über den Knecht in schwereren Fällen die Todesstrafe, in leichteren Verstümmelung oder Prügelstrafe.[1] Soweit die Lebens- oder Leibesstrafe von dem Verletzten vollstreckt ward, vollstreckte er sie nicht mehr kraft eigenen Rechtes, sondern als Organ der öffentlichen Gewalt.[2] Bei gewissen Verbrechen, so bei Raub und Diebstahl macht es schon die merowingische Gesetzgebung im Interesse der Friedensbewahrung dem Herrn zur unbedingten Pflicht, den Knecht an die öffentliche Gewalt auszuliefern, welche das Verbrechen von Amtswegen bestraft. Stellen des langobardischen Edicts lassen es zwar bei der Auslieferung an den Verletzten bewenden, verbieten aber in bestimmten Fällen, dass der Herr den Knecht wieder einlöse,[3] oder sprechen, wenn die Ahndung unterbleibt, den Schuldigen der öffentlichen Gewalt zu.[4]

V.

Was die Haftung für Übelthaten von Thieren betrifft, so scheint hinsichtlich bestimmter Hausthiere eine altgermanische Überlieferung bestanden zu haben, wie aus der Übereinstimmung der alliterirenden Formeln gefolgert wird, in welchen einst bei Friesen und Langobarden, bei ost- und westnordischen Stämmen von der Haftung für Hengstes Huf, Rindes Horn, für den Hauer des Ebers und für den Biss des Hundes die Rede war.[5] Fehlt es nicht an Spuren unbeschränkter Haftung des Eigenthümers für Übelthaten von Thieren,[6] so hat sich doch schon frühzeitig der Grundsatz ausgebildet, dass das Unheil, das jene Hausthiere anrichten, in der Regel nicht als Friedensbruch angesehen werde. Nach Rothari 326 ist die Fehde[7]

---

[1] Georg Meyer, Z. f. R. G. germ. Abth. II 92 f., 94 f.

[2] Argum. Cap. ital. a. 801, c. 4, Boretius, Capit. I 205 verglichen mit Ed. Chilperci c. 8, i. f. Boretius, Capit. I 10 (cui malum fecit, tradatur in manu et faciant exinde quod voluerint).

[3] Rothari 142.

[4] In Rothari 221 heisst es von dem Knechte, welcher sich mit einer Freien verbindet, animae suae incurrat periculum. Was damit gemeint sei, zeigt Liutprand 24, wonach, wenn die Verwandten nicht binnen Jahresfrist Rache nehmen, ipse servus ad puplicum replecetur.

[5] Grimm, Rechtsalterthümer S. 664. Von Amira, Zweck und Mittel S. 56.

[6] Hinsichtlich wilder Thiere siehe Ssp. Ldr. II, 62, Sunesen c. 55: pro illata morte ab animalibus . . . . . assumens secundum antiquas leges tenetur persolvere, quantum si facinus in persona propria commisisset. Volles Wergeld verlangt Pactus Alam. III. 17, si caballus boves aut porcus hominem occiderit.

[7] Vergl. Lex Burg. 18, Lex Sax. 57.

ausgeschlossen, quia muta res[1] fecit, nam non hominis studium. In der Rechtsanschauung, dass Vieh kein Gewette verbricht, stimmen Rechtsquellen örtlich weit getrennter Rechtsgebiete überein.[2] Dagegen ist der Eigenthümer verpflichtet, Wergeld oder Busse oder eine Quote der Compositio zu zahlen, die sich in den einzelnen Rechten verschieden gestaltet.

Bei schwereren Übelthaten, so insbesondere im Falle der Tödtung eines freien Menschen ist das schädliche Thier an den Verletzten bez. an dessen Sippe auszuliefern. Wie schon J. Grimm[3] bemerkte, wurde die Auslieferung wahrscheinlich verlangt, damit die Verwandten des Getödteten das verhasste Thier umbringen könnten.[4] Der Werth des ausgelieferten Thieres wurde wohl meist in die Zahlung des Wergeldes oder der Busse eingerechnet. Nach den beiden fränkischen Volksrechten wird bei Tödtungen freier Menschen das Thier ebenso wie der Knecht statt der Hälfte des Wergeldes hingegeben.[5] Gemäss den Zusätzen jüngerer Texte der Lex Salica, welche oben S. 826 erörtert worden sind, brauchte der Eigenthümer nichts zu zahlen, wenn er, ehe die Sache streitig wurde, den auctor criminis auslieferte und den Gefährdeeid leistete. Dieser Eid lautete nach der Heroldina dahin, dass er die schädliche Eigenschaft des Thieres nicht gekannt habe. Ich halte es für wahrscheinlich, dass die ältesten Texte der Lex Salica im Titel 36 bereits ein ursprünglich strengeres Recht gemildert haben, welches den Gefährdeeid und die freiwillige Auslieferung des Thieres neben dem halben Wergelde verlangte, während im Fall processualischer Überführung die That als eigene

[1] Sprachlose Wichte (oqueþins vitr), nennt jene vier Thiere eine schwedische Rechtsquelle. von Amira, Altschwed. Obligationenrecht S. 397. Indem Beaumanoir die Justificirung der Thiere bekämpft, die einen Menschen getödtet haben, führt er ch. 69, 6 aus: car bestes mues n'ont nul entendement, qu'est biens ne qu'est maus. Et por ce est che justice perdue. Car justice doit estre fete por le venjance du meffet et que cil qui a fet le meffet, sace et entende que por cel meffet il emporte tel paine; mais cix entendemens n'est pas entre les bestes mues.

[2] Lex Rib. 46. Ssp. Ldr. II, 40, § 3. Livre des droiz et des commandemens d'office de Justice ch. 119: cellui à qui la beste sera, est tenu de amender les dommages au blecié; et si ne fera amende à justice, par quoy il ose iurer qu'il ne sceust la teiche de la beste. Keure des Landes Waes von 1241, c. 41, Warnkönig, Flandrische Rechtsgeschichte II, 2, Urk. Buch Nr. 220, S. 183: . . secundum quantitatem laesurae . . debet satisfieri laeso vel laesis. Dominus autem equorum vel boum . . . remanebit erga comitem absque forefacto. Über die schwedischen Rechte von Amira, Altschwed. Obligationenrecht S. 396 ff.

[3] Rechtsalterthümer S. 664.

[4] Vergl. Lex Wisig. 8, 4, c. 20: eum (canem) illi tradat . . . ut eum occidat und Schwabenspiegel, Lassberg c. 204: und dem der schade geschiht, wil der, er mag ez toeten.

[5] Lex Salica 36. Lex Rib. 46.

zu büssen war. Darauf lässt der Umstand zurückschliessen, dass Quellen der salischen Tochterrechte strenger sind, als die Lex Salica. Nach den Établissements de Saint Louis und den damit verwandten Rechtsquellen zahlt der Eigenthümer des tödtenden Thieres le relief d'un homme, nämlich 100 Sous und 1 Denar[1] und verliert ausserdem das Thier, welches der Obrigkeit verfällt. Dabei muss er schwören, dass er die schädliche Eigenschaft des Thieres nicht gekannt habe. Denn wenn er darum wusste, wird er aufgeknüpft.[2] Nach Bouteiller soll der Herr, wenn er vorher wegen der Schädlichkeit des Thieres vergeblich von der Obrigkeit verwarnt worden war, zu Tod und Friedlosigkeit verurtheilt werden.[3] Eine Keure für das Dorf Piet in Flandern von 1265 spricht den Eigenthümer von der Haftung gegen die Obrigkeit frei, wenn er dem Verletzten die That bessert. Leugnet er aber und wird er vom Gericht überführt, so soll er nicht nur den Schaden bessern, sondern dem Herrn 10 Schillinge und ebenso viel dem Verletzten zahlen.[4]

Günstiger ist dem Eigenthümer eine Gruppe von Rechtsquellen, welche nicht die Auslieferung und Darbringung des Thieres verlangt, sondern sich mit einseitiger Preisgebung begnügt, die aber sofort erfolgen muss, nachdem der Eigenthümer von der Übelthat Kenntniss erlangt hat.

Der Sachsenspiegel lässt den Herrn des tödtenden Thiers das Wergeld zahlen, wenn er es in die Gewere nahm, nachdem er das Unheil erfahren hatte. Sleit he't aver ut unde ne hovet noch ne huset noch ne etet noch ne drenket he't, so is he unschuldich an'me scaden; so underwinde's sik jene vor sinen scaden of he wille.[5]

Nach flandrischen Keuren aus den Jahren 1241 und 1264 ist der Eigenthümer des Pferdes oder Ochsen, die einen Menschen getödtet haben, von Haftung frei, wenn er das (seit zwei Nächten) schädliche Thier aus dem Hause treibt und sich davon lossagt.[6]

---

[1] Wohl das alte Romanenwergeld und kaum das halbe Wergeld des freien Franken. entsprechend der medietas compositionis in Lex Salica 36.

[2] Établissements de Saint Louis I, ch. 125. Vergl. Viollet, Établ. de Saint Louis I 232 ff.

[3] Somme rurale I, titre 38, de la beste tuer homme.

[4] Warnkönig, Flandrische Rechtsgeschichte II, 2, Urkundenbuch Nr. 234, S. 226.

[5] Ssp. Ldr. II, 40. Auf das Erforderniss eines Gefährdeeides lässt die Glosse zu Ssp. II, 62, § 1 zurückschliessen. Schwabenspiegel, Lassberg, c. 204: wil er ez lan varn, daz tuot er wol und giltet nüt, so hat ez iener für sinen schaden.

[6] Keure der vier Ämter von 1241 bei Warnkönig, Flandrische Staats- und Rechtsgeschichte, II, 2, Urk. Buch. Nr. 222, S. 193, c. 41: similiter si aliquis alienus simili casu laedatur, possessor equorum vel boum non debet subjacere alicui forefacto, nisi ab heri et nudius tertius animal fuerit manifestae noxae. Alioquin debet ex forefacto eius iuri stare, nisi illud de domo sua expellat et abneget. Das Thier muss

Eine altfranzösische Rechtsquelle, der in Poitou entstandene Livre des droiz et des commandemens d'office de Justice hat den Rechtssatz, dass der Eigenthümer des Hundes oder Pferdes sich von der Haftung befreie, en le désadvouant, das heisst indem er sich davon lossagt. Et si après le désadveu il reprenoit, il y seroit tenu (au dommage).[1]

Nach den norwegischen Frostuþinsgslög soll der Herr Ross, Rind, Schwein oder Hund, die einem Menschen Schaden gethan, sich von der Hand sagen (segia afhendis). Thut er es nicht, dann hat er es so gepflegt, wie den Todtschläger eines Menschen, wenn er vorher darum angesprochen wurde.[2] Die Gulaþingslög bestimmen: Wenn Horn oder Huf oder Hund eines Menschen Todtschläger sind, so sage man sich das Thier von der Hand. Wenn man es aber füttert, nachdem das Urtheil erging, so zahle man 40 Mark,[3] eine Brüche, die an Stelle älterer Friedlosigkeit getreten ist.[4]

Das Preisgeben des Thiers, das abnegare, desavouer, von der Hand sagen, entspricht dem dimittere bei dem Unfreien. Es geschieht zu Gunsten des Verletzten, der des Thieres sich unterwinden oder das Thier bei dem Eigenthümer holen kann. Der Beschädigte mag, wenn er will, das Thier tödten.[5] Der Haftung des Herrn, der das Thier in der Gewere behält, liegt die Fiction zu Grunde, dass das Thier den Frieden gebrochen habe. Das Thier wird personificirt und daraus die Consequenz gezogen, dass der Eigenthümer verantwortlich werde, wenn er es füttert oder tränkt, wie ja jeder strafbar wird, der einen Verbrecher, einen Friedlosen, nährt oder haust und hoft.[6] Dass die Terminologie der Friedlosigkeit auch auf Thiere angewendet wird, findet sich in ost- und westgermanischen Quellen. Für óheilagr gilt auf Island der Bär und der Stier, der einen Menschen getödtet hat. Eine jüngere nordische Sage[7] will

---

seit zwei Nächten (seit gestern und vorgestern) die Eigenschaften eines schädlichen Thieres gezeigt haben. Ebenso in der Keure für Saffellaere von 1264, Warnkönig a. O. III. Nachtrag zum Urk. Buch. Nr. 166, c. 6, S. 39.

[1] Livre des droiz ed. Beautemps-Beaupré, ch. 871.

[2] Frostuþingslög V, 16, Norges Gamle Love I, 180. Siehe VON AMIRA, Vollstreckungsverfahren, S. 83 ff. BRANDT, Forelæsninger over den Norske Retshistorie II 46.

[3] Gulaþingslög 165. Leugnet der Herr und wird er beweisfällig, so büsst er gleichfalls 40 Mark und zahlt Busse an die Verwandten. Nach Gulaþingslög 147 soll der Herr, der sich weigert, das Thier dem Verletzten in die Hand zu liefern, behandelt werden, als ob er ihn selbst verwundet hätte.

[4] K. LEHMANN, Der Königsfriede der Nordgermanen, S. 198.

[5] Siehe oben S. 835 Anm. 4.

[6] H. BRUNNER, Deutsche Rechtsgeschichte I 167 Anm.

[7] Eine freundliche Mittheilung KONRAD MAURER's. Finnbogasaga ed. Gering 1878, p. 23. Vergl. darüber MOGK in Paul's Grundriss der germanischen Philologie II, 1, S. 120.

sogar wissen, dass in Helgeland ein Bär wegen Beschädigung von Vieh friedlos gelegt und ein Kopfgeld auf seine Tödtung gesetzt worden sei. Auch nach holländischen Quellen[1] gelten gewisse schädliche Thiere für friedlos. Man mag sie tödten und auf dem Felde aufhängen oder über die Einfriedung werfen, binnen welcher sie Schaden gethan haben. Wenn Bouteiller[2] sagt, dass das Thier, welches einen Menschen tödtete, doit estre condamné en exil, so ist darunter nicht Verbannung, sondern Friedlosigkeit zu verstehen, welche durch Tödtung des Thieres geltend gemacht werden soll.[3]

Nach jüngeren Rechten tritt an Stelle des Verletzten die Obrigkeit. Das Thier wird nicht mehr dem Verletzten ausgeliefert oder preisgegeben, sondern von der Obrigkeit eingezogen, gefrohnt. So nach altfranzösischen[4] und nach niederländischen[5] Rechtsquellen. Sachez, sagt Bouteiller, que la beste selon le plus des coustumiers et coustumes locaux . . demeureroit en la main du Seigneur.[6] Nach Beaumanoir soll der Gerichtsherr das Thier nicht etwa en manière de justice um's Leben bringen, sondern, wenn es gefährlich ist, zum eigenen Nutzen tödten, wenn es ein Pferd, Maulthier oder Esel ist, zum eigenen Nutzen behalten. Auch in Deutschland erlangte der Grundsatz der Frohnung weite Verbreitung. So sagen z. B. die Bordesholmer Amtsgebräuche (a. 46): Wird befunden, dass Viehe, etwa Pferde, einen Menschen tödten, auf solchen Fall ist das Viehe an die Herrn verfallen.[7] Und noch die Carolina ist veranlasst, in Art. 218 die Rechtssitte zu verbieten, dass in etlichen Orten ein Fuhrmann, der mit einem Wagen umwirft und unversehens einen Menschen tödtet, der Obrigkeit mit Wagen, Pferden und Gütern verfallen sei. Die ausgedehnteste und consequenteste Anwendung machen von der Frohnung das anglonormannische und das schottische Recht.[8] Thiere und leblose Gegenstände, die Anlass eines Todesfalles waren,

---

[1] Fockema Andreae, Stadregt van Vollenhove I 316.

[2] Somme rurale, I titre 38, de la beste tuer.

[3] Das ergiebt schon der Zusammenhang mit dem Anfang des Capitels, wo auf die bekannte Stelle des Exodus verwiesen wird, und mit dem folgenden Capitel, wo es heisst: et doit la beste estre destruitte, si comme dessus est dit. Der Ausdruck exil ist wohl gewählt, um die rechtsförmliche Hinrichtung auszuschliessen.

[4] Coutume de Touraine-Anjou 114. Établissem. de S. Louis I, ch. 125. Livre des droiz et des commandemens 119. Siehe Viollet, Établissements de S. Louis I 232 ff. und IV 116. Vergl. Li Livres de Jostice et de Plet XVIII, 24, §. 10, XIX, 48, §. 9 ff.

[5] Noordewier, Regtsoudheden S. 80, 300.

[6] Somme rurale, I, titre 37, de brebis, moutons et autres bestes.

[7] Nach dem Eiderstedtischen Landrecht 4,55 ist das Pferd den nächsten Erben des Getödteten zu verabfolgen.

[8] Holmes, Common Law 1881, S. 24 ff. Blackstone, Comm. I 300.

fallen hier dem König anheim. Sie sind und heissen deodand, deo dandum, weil sie der König zu frommen Zwecken verwenden soll.

Neben dem Rechte der Obrigkeit tritt der Gesichtspunkt der Sachhaftung des Eigenthümers schliesslich zurück. Das Thier wird von Amtswegen eingezogen, weil es Schaden gethan, auch wenn der Eigenthümer selbst oder ein Angehöriger desselben beschädigt worden ist.[1] Ist es doch in solchem Falle nicht mehr und nicht weniger schuldig, als wenn es einen Dritten verletzt hätte.

Die Gleichartigkeit in der Behandlung der Uebelthaten von Knechten und Thieren ging soweit, dass der Ausbildung eines selbständigen Sklavenprocesses ein besonderes Strafverfahren gegen Thiere, der amtlichen Hinrichtung von Sklaven eine amtliche Justificirung von Thieren entspricht mit all den Förmlichkeiten, welche Rechtsgang und Hinrichtung des germanisch-romanischen Mittelalters auszeichnen. Beispiele von Todesstrafen, welche an Thieren vollzogen wurden, reichen bis in unser Jahrhundert herein. Nicht nur wegen unmittelbarer Thäterschaft, sondern auch wegen Theilnahme und Begünstigung wurden Thiere justificirt. So mussten die Pferde büssen, mit welchen eine Jungfrau entführt worden war.[2] Im dreizehnten Jahrhundert war es weit verbreiteter Rechtsbrauch, dass, wenn in einem Hause Nothzucht verübt worden, alles Lebendige, was darin war, Leute und Vieh, dem Tode verfiel, weil sie die Missethat geduldet hatten.[3]

Das in Einzelnheiten vielbesprochene Thema der Bestrafung der Thiere, bedarf, um völlig aufgeklärt zu werden, noch einer eingehenden methodischen Untersuchung. Da eine solche von K. von Amira zu erwarten ist, unterlasse ich es, auf den Gegenstand näher einzugehen.[4]

[1] Aus der Beseitigung oder Ablehnung dieses Grundsatzes erklärt sich folgende merkwürdige Bestimmung der Keure des Landes Waes von 1241, c. 41 bei Warnkönig a. O. II. 2. UB. S. 183: cum equi vel boves vel equi currum vel carrucam trahentes, effrenes vel praecipites cucurrerint et aliquem laeserint, sive aliquis a quocumque molendino vel a domo cum elevatur, laesus fuerit; si possessor eorundem vel filius vel filia vel uxor sive pecora vel quodcumque ad ipsum pertinet, laesum fuerit, debet liber remanere ab omni forefacto erga dominum comitem cum infortunio suo .... Cf. Keure der vier Aemter a. O. S. 193, c. 41.

[2] Neues Archiv für Criminalrecht 4, 362, Anm., wo auf eine mir unzugängliche Dissertation Henr. Jac. Beyer's, Ad tit. I. l. 4, Inst. de oblig. quae ex delicto nascuntur, Lugd. Bat. 1728 verwiesen wird.

[3] J. Grimm, Z. f. D. R. V 18. Gierke, Humor im Recht, S. 17.

[4] Von Amira stellt in Pauls Grundriss II, 2, S. 173 eine Untersuchung über die Bestrafung der Thiere in Aussicht, indem er zugleich die für das Thema maassgebenden Probleme hervorhebt. Ist biblisch-kirchlicher Einfluss sicherlich nicht abzuweisen, so geht doch der Gedanke, das Thier zu strafen, wahrscheinlich auf arische religiöse Vorstellungen zurück. Man denke an das angebliche Gesetz des Numa

1890.
XXXVI.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

---

17. Juli. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Auwers.

1. Hr. Möbius las über die Bildung und Bedeutung der Gruppenbegriffe unserer Thiersysteme.

2. Hr. von Helmholtz las über die Energie der Wogen und des Windes.

Beide Mittheilungen folgen umstehend.

Über die Bildung und Bedeutung der Gruppenbegriffe unserer Thiersysteme.

Von K. Möbius.

In einer gedankenreichen Schrift über zoologische Classification setzt L. Agassiz[1] auseinander, dass die Merkmale der Speciesbegriffe und die aller höheren Gruppenbegriffe aus Eigenschaften der Individuen abgeleitet werden und dass diese daher die realen Repräsentanten aller classificatorischen Gruppenbegriffe seien. Alle Biologen, welche über die logische Thätigkeit des Classificirens der Organismen nachgedacht haben, werden dies richtig finden. Aber die Behauptung des berühmten Begründers der vergleichenden Zoologie in Nordamerika, dass es ihm gelungen sei, festzustellen, welche Eigenschaften der Individuen die Charaktere der verschiedenen classificatorischen Gruppenbegriffe liefern, hat keine Zustimmung gefunden. Schon 1860 erhob Rudolph Wagner Bedenken dagegen,[2] und E. Haeckel[3] hat Agassiz's Ansichten einer scharfen Kritik unterworfen.

Vor Linné werden alle höheren Thiergruppen ihren untergeordneten Objecten gegenüber im Sinne der formalen Logik Genera genannt.

In den zoologischen Schriften des Aristoteles haben die Worte γένος und εἶδος nicht die Bedeutung der Ausdrücke Genus und Species unserer Systeme; γένη sind übergeordnete, εἴδη untergeordnete Thiergruppen, deren Umfang von verschiedenen morphologischen oder physiologischen Merkmalen abhängt, welche gerade Aristoteles ihrer Vergleichung zu Grunde legt. So sind ἐναίμα und ἀναίμα Genera von

[1] Essay on Classification. In: Contribution to the natural history of the Un. States. Boston 1857, I Part I. Als besondere Schrift erschienen 1859. Französisch unter dem Titel: De l'Espèce et de la classification en Zoologie par L. Agassiz. Traduction de l'anglais par Félix Vogeli. Édition revue et augmentée par l'Auteur, Paris 1869.

[2] Louis Agassiz's Principien der Classification der organischen Körper insbesondere der Thiere mit Rücksicht auf Darwin's Ansichten im Auszuge dargestellt und besprochen. Separat-Abdruck a. d. Göttingischen gelehrten Anzeigen. Göttingen 1860.

[3] Generelle Morphologie II, 1866, S. 379.

höherem Umfange, ζωοτόκα, ὠοτόκα, μαλακοστράκα und ἐντόμα Genera von geringerem Umfange.[1]

Auch Ray[2], der bedeutendste Vorgänger Linné's in der zoologischen Systematik, nennt Genera im Aristotelischen Sinne die umfangreichen Gruppen: *Quadrupedia vivipara pilosa* und *Quadrupedia ovipara;* bei den lebendig gebärenden, behaarten Vierfüsslern führt er als untergeordnete Genera an: *Solidungula, Ruminantia, Porcinum genus* u. A., und stellt dann unter die *Ruminantia* als noch enger begrenzte Genera: *Genus Bovinum, Genus Ovinum, Genus Caprivum* und *Cervinum genus.*

Erst Linné bezeichnete mit den Ausdrücken *Classis*, *Ordo* und *Genus* bestimmte systematische Abstufungen von Gruppen des Thierreichs. Seit der Veröffentlichung seiner tabellarischen Übersicht des Natursystems im Jahre 1735[3] bis zu den Systemen unserer Tage haben aber diese Benennungen einen sehr verschiedenen Werth besessen. Bei Linné umfasst die Classe der Insecten alle Arthropodenclassen der heutigen Systeme, und seine Würmer werden jetzt fünf bis sechs Thierkreisen zugewiesen.

Der Gruppenbegriff *Familia* fehlt noch in dem Linné'schen Thiersysteme. Er tritt zuerst auf bei J. Th. Klein[4] (1751 und 1759), erhält aber erst im Anfange unseres Jahrhunderts eine bestimmte Stelle zwischen den Gruppenbegriffen *Ordo* und *Genus.* Denn in dem Systeme von J. G. C. Batsch[5] stehen die Familien unmittelbar unter den Classen und auch G. Cuvier hatte noch eine sehr unbestimmte Vorstellung von dem classificatorischen Range der Familien, wenn er in seinem Tableau élémentaire de l'histoire naturelle des animaux, Paris 1798, die Affen in Familien eintheilt, aber auch die Vögel, ohne diese vorher in Ordnungen zu zerlegen, und die Insecten eine Ordnung nennt, welche er in Familien theilt. P. A. Latreille[6] ist der Erste,

[1] Hierüber handelt ausführlich: Jürgen Bona Meyer, Aristoteles' Thierkunde, Berlin 1855.

[2] J. Rajus, Synopsis methodica animalium quadrupedum et serpentini generis. Londini 1693. 8°.

[3] C. Linnaei Systema naturae sive Regni tria naturae systematice proposita per classes, ordines, genera et species. Lugdun. Batav. 1735. Fol.

[4] J. Th. Klein, Quadrupedum dispositio, Lipsiae 1751 und Stemmata avium. Lipsiae 1759. Von dem ersteren Werke erschienen deutsche Ausgaben von G. Reyer: Klein's Natürliche Ordnung und vermehrte Historie der vierfüssigen Thiere, Danzig 1760, und von F. D. Behn: Klein's Classification und kurze Geschichte der vierfüssigen Thiere, Lübeck 1760.

[5] Versuch einer Anleitung zur Kenntniss der Geschichte der Thiere und Mineralien I, Jena, 1788.

[6] Histoire naturelle des Crustacés et des Insectes. Suite à Buffon. An XII (1804). — Genera Crustaceorum et Insectorum secundum ord. natural. in Familias dispositi. Paris 1806—9.

welcher in seinen Systemen der Crustaceen, Arachniden und Insecten den Gruppenbegriffen Classe, Ordnung, Familie und Gattung einen bestimmten Stufenwerth beilegt. Manche Ordnungen theilt er in Sectionen oder Tribus, ehe er sie in Familien zerlegt. Von nun an finden alle diese Gruppenbegriffe allgemeine Anwendung, so bei G. Cuvier in: Regne animal d'après son organisation, 1817, bei G. A. Goldfuss in: Handbuch der Zoologie, 1820, und in der zweiten Auflage von Lamarck's Amimaux sans vèrtèbres (par Deshayes et H. Milne Edwards) Paris 1835—45.

Je bestimmtere Werthe diese Gruppenbegriffe nach und nach erhielten, je klarer gestaltete sich die Idee einer »natürlichen Classification«, deren Ziel schon 1820 A. F. Schweigger[1] in folgenden Sätzen kennzeichnete: »Sie soll die Körper nach der Stufenfolge, in welcher ihre Organisation sich vervollkommnet ordnen; sie soll die Species in Gattungen, die Gattungen in Familien, die Familien in Ordnungen und diese in Classen auf Grund anatomischer und physiologischer Untersuchungen nach hervorstehenden und den Grad organischer Ausbildung möglichst bezeichnenden Merkmalen so vereinigen, dass ihre natürliche Verwandtschaft und ihre Unterschiede deutlich hervorspringen.«

Diesem Ziele immer näher zu kommen, dienen alle andauernd fortgesetzten morphologischen, histologischen, embryologischen und physiologischen Untersuchungen lebender und ausgestorbener Thiere. Die thatsächlichen Kenntnisse, welche dadurch über deren Form, inneren Bau, Entwickelung und Lebensthätigkeiten gewonnen werden, lassen sich nach logischen und nach erklärenden speculativen Principien für die Aufstellung von Thiersystemen verwerthen.

Die rein logische combinatorische Classification beginnt mit der Bildung der Artbegriffe, in denen die übereinstimmenden Merkmale aller im Raume und in der Zeit zerstreuten Individuen des nächsten Verwandtschaftsgrades in eine geistige Gegenwart zusammengedrängt werden.[2] Da die Eigenschaften der Arten direct vererblich sind, so ruhet das System mittels der Artbegriffe auf einem realen, der Forschung allgemein zugänglichen Grunde. Die Merkmale der Gattungs- und aller höheren Gruppenbegriffe liefert die Natur aber nicht unmittelbar. Sie werden nach logischen Gesichtspunkten aus den Merkmalen verglichener Artbegriffe ausgewählt; ihr Umfang und Inhalt richtet sich daher nach dem Standpunkte, den die Classificatoren einnehmen. Diese bestimmen also die Anzahl, den Umfang und den Inhalt aller Kategorien ihrer Systeme.

---

[1] Handbuch der skelettlosen Thiere, Leipzig 1820, §. 40.

[2] K. Möbius, die Bildung, Geltung und Bezeichnung der Artbegriffe und ihr Verhältniss zur Abstammungslehre, Jena 1886, S. 21.

Aber zeichnet ihnen die Natur in den vererblichen Eigenschaften der Species nicht ganz bestimmte Bahnen vor, welche sie zu gehen haben, um die Merkmale für Gattungs-, für Familien-, für Ordnungs- und für Classenbegriffe auszuwählen?

Wer sich diagnostische Systeme von Säugethieren, Vögeln, Reptilien, Insekten, Mollusken, Echinodermen ansieht, mag vielleicht den Eindruck empfangen, als lieferten Artmerkmale nur die Grösse, die Form und die Farbe der Hüllen und Gliedmassen. Jawohl, die unterscheidenden Merkmale sehr vieler Species sind lediglich von Eigenschaften der dauerhaftesten Organe entnommen, von hornigen, chitinösen oder kalkigen Hautbildungen, von Zähnen und Knochen. Mit ausserordentlichem Scharfsinn hat man deren Unterschiede bei verschiedenen nahestehenden Species aufgesucht, um gute Diagnosen entwerfen zu können. Doch bieten diese dauerhaften Organe durchaus nicht allein oder besser als andere Organe geeignete Speciesmerkmale dar. Gerade ebenso scharfe Unterschiede liefern genaue vergleichende Untersuchungen aller leichter vergänglichen Theile, wie die Form der Muskeln, der Ursprung und Verlauf der Nerven, der Bau der Sinnesorgane, der Verdauungs-, Athem- und Begattungsorgane, die Form und Grösse der Blutkörperchen, der Eier und Spermatozoen, die Trächtigkeitsdauer, die embryonalen und postembryonalen Entwicklungsformen, die Nahrung, die Lebensweise u. a. m.

Und wie für Speciesbegriffe, liefern sämmtliche Organe auch Merkmale für höhere Gruppenbegriffe, was auch E. Haeckel[1] den Ansichten Agassiz's gegenüber hervorhebt. Vergleicht man die besten systematischen Monographien höherer und niederer Thiere mit einander, so ergibt sich, dass in den verschiedenen Thierclassen sehr verschiedene Organe Merkmale für Gattungs-, Familien-, Ordnungs- und Classenbegriffe liefern, dass aber innerhalb jeder höheren Gruppe die Merkmale der untergeordneten Gruppenbegriffe gleichen Ranges gewöhnlich von einander entsprechenden Theilen der verglichenen Species entnommen werden. Weiter ins Einzelne gehende Regeln, welche bei der Eintheilung aller Thierclassen zur Richtschnur dienen könnten, lassen sich nicht aufstellen. Hierin finde ich mich in Übereinstimmung mit M. Fürbringer, der in seinem bewunderungswürdigen grossen Werke über Vögel[2] die Principien der zoologischen Systematik sehr ausführlich dargestellt hat.

F. Brauer dagegen weist am Ende des ersten Theiles seiner gedankenreichen »Systematisch-zoologischen Studien. System und

[1] Generelle Morphol. II, S. 381.

[2] Untersuchungen zur Morphologie und Systematik der Vögel. Amsterdam und Jena 1888. II, S. 302.

Stammbaum«,[1] auf »die Verhältnisse hin, welche bei der Charakterisirung der Kategorien: Typus, Classe, Ordnung, Familie, Gattung und Species meist in Betracht gezogen werden«. Bestimmte, allgemein anwendbare Vorschriften für die Auswahl der Merkmale jener Kategorien enthalten seine Angaben aber nicht. Wer noch die unklare Vorstellung hat, dass die zoologischen Systeme mehr oder weniger bewusst nach solchen Vorschriften ausgearbeitet würden, der möge nur einmal die Classen-, Ordnungs- und Familiencharaktere der Infusorien, Spongien, Hydrozoen, Bryozoen, Insecten und Vögel miteinander vergleichen, um sich von dem Irrthume seiner Vorstellung zu überzeugen.

Der Rang jener Kategorien wird auch verschoben, wenn zur Darstellung aller systematischen Abstufungen zwischen sie in verschiedenen Typen noch Cladi, Subcladi, Unterclassen, Unterordnungen, Tribus und andere Sectionen eingeschaltet werden.

Alle diese einander untergeordneten Gruppen stimmen nur darin überein, dass ihr Umfang in absteigender Stufenfolge abnimmt. Eigenschaften, welche in verhältnissmässig wenigen Species des Typus wiederkehren, besitzen blos Werth als Gattungsmerkmale; Eigenschaften, die in verhältnissmässig vielen Species auftreten, können Familien- und Ordnungsmerkmale liefern; Eigenschaften, welche den meisten oder allen Species des Typus gemeinsam sind, können zur Charakteristik der Unterclassen, Classen und Zweige der Stämme oder Typen dienen.

Was für eine morphologische und physiologische Bedeutung die Merkmale der niederen, mittleren oder höheren Kategorien haben, kommt bei der Bestimmung ihres classificatorischen Werthes nicht in Betracht.

Alle Charaktere der Kategorien unserer Systeme treten stets und nur in specifischen Ausbildungen auf. Organe und histologische Elemente, welche bloss rein allgemeine (ideelle) Eigenschaften besässen, hat kein Thier. Es giebt keine wirklichen Gattungs-Knochen, keine Familien-Füsse, keine Ordnungs-Spermatozoen, kein Classen-Blut, keine Typus-Eier, wie es auch keine Zellen giebt, welche aus unspecifischem Protoplasma von nur allgemeinem Charakter bestünden, aus welchem lebensfähige Wesen jeder Art werden könnten.

Die Stämme, Classen, Ordnungen, Familien, Gattungen und alle zwischen sie gesetzte Kategorien sind also keine Gruppen lebender Wesen, welche nur Eigenschaften ihrer Kategorie besässen,

[1] Sitzungsberichte der math.-naturwiss. Classe der k. Akad. d. Wissensch. zu Wien. XCI. Bd. I. Abth. Jahrg. 1885. S. 266.

sondern gedachte Einheiten, deren begrifflicher Inhalt von den niederen zu den höheren Gruppen hinauf abnimmt. Hieraus folgt, dass von einem verschiedenen Alter der systematischen Kategorien gar nicht gesprochen werden kann, was E. Haeckel thut, indem er in seiner Generellen Morphologie II, S. 402 jeder höherstehenden weiteren Kategorie ein höheres Alter zuschreibt, als jeder darunter stehenden nächstengeren Kategorie, den Classen ein höheres Alter als den Ordnungen und so weiter hinunter bis zu den Arten und Varietäten. Er setzt sich damit in Widerspruch mit dem kurz vorher S. 393 desselben Werkes stehenden Satze, dass allen diesen Kategorien keine Realität zukomme. Dieser richtige Satz, den er L. Agassiz gegenüber vertheidigt, behält seine volle Gültigkeit auch für genealogische Systeme, in denen, wie Haeckel a. a. O. S. 402 sagt, die höheren Grade der Differenz von einer längeren Reihe vererbender Generationen abgeleitet werden.

Da alle Differenzirungen nur in Individuen wirklich werden können, werden, wenn sie sich vererben, zuerst Varietäten der variirenden Art, dann bei fortschreitender Spaltung verschiedene Arten entstehen, welche zur Bildung eines Gattungsbegriffes dienen können; und wenn auch die gattungsverschiedenen Individuen wiederum artverschiedene Nachkommen erzeugen, dann erst mögen die Verschiedenheiten aller Abkömmlinge der angenommenen Stammspecies so bedeutend sein, dass sie als eine Familie von Gattungen und Arten betrachtet werden können.[1] Hiernach sind die realen Grundlagen für die Kategorien genealogischer Systeme um so jünger, je weiter ihr Umfang reicht.

Es gibt eigenthümliche Thierformen, welche nur in einer einzigen oder nur in wenigen nahe verwandten Arten bekannt sind und welche von allen andern Arten ihres Kreises oder ihrer Classe so sehr abweichen, dass man, um sie zu classificiren, für sie einen höheren Gruppenbegriff aufstellen muss, ohne genug reale Grundlagen für die Bildung von Gruppenbegriffen mittleren Ranges zu haben. Solche Thiere sind z. B. *Galeopithecus*, *Chiromys*, *Hyrax*, *Hatteria*, *Caecilia*, *Amphioxus*, *Chiton*, *Sagitta*.

Geleitet durch Vergleichungen mit andern höheren Gruppen, ist man logisch berechtigt, aus den Eigenschaften einer Art oder den Merkmalen nur einer Gattung weniger Arten unmittelbar einen höheren Gruppenbegriff auszuscheiden. Setzt man aber dann unter die Zusammenstellung der Merkmale der neugebildeten Classe oder Unter-

[1] Dies versucht G. Seidlitz durch ersonnene Zahlenbeispiele deutlich zu machen. Die Darwin'sche Theorie. 2. Aufl. 1875, S. 208.

classe einen blossen Ordnungs- oder Familiennamen mit der Bemerkung: »Mit den Merkmalen der vorstehenden Classe oder Unterclasse«, so verstösst man gegen die Regeln der classificatorischen Logik; denn untergeordnete Gruppenbegriffe haben stets einen grösseren Inhalt und also mehr Merkmale als die ihnen übergeordneten. Ihren vollen Inhalt erhält man erst, wenn man zu ihren Merkmalen noch die ohne Ausnahme geltenden Merkmale aller übergeordneten Gruppenbegriffe hinzuzählt. Es müssen also Verweise auf die Merkmale einer höheren systematischen Kategorie bei dem nackten Namen einer darunter stehenden, wie sie in manchen zoologischen Handbüchern nicht ungebräuchlich sind, besser wegbleiben und die Bildung von Namen für Gruppenbegriffe mittleren Ranges ist so lange aufzuschieben, bis die Entdeckung und Untersuchung verschiedener Species genügende Unterlagen dafür darbieten.

Das höchste Ziel der zoologischen Classification besteht darin, alle Richtungen und Grade der grösseren und geringeren morphologischen und physiologischen Ähnlichkeiten sämmtlicher Thiere so darzustellen, dass die Charakterisirung und Anordnung der höheren und niederen Gruppen den wirklichen Eigenschaften und gegenseitigen Beziehungen aller bekannten lebenden und ausgestorbenen Species so vollkommen wie möglich entsprechen.

Combinatorische Classificationen, welche sich auf die besten Monographien aller Thiergruppen stützen und welche in ihren Eintheilungen auf alle Organgebiete Rücksicht nehmen, sind die besten logischen Abbilder der Thierwelt, die vollkommensten natürlichen Thiersysteme ihrer Zeit. Frei sowohl von erdachten Übergangsformen als auch von künstlichen Vereinigungen und Trennungen, zu denen die Überschätzung des classificatorischen Werthes einzelner Organe leicht verleitet, sind sie ein vorzügliches Mittel, den wirklichen Reichthum der thierischen Gestalten und Lebensthätigkeiten übersichtlich darzustellen und bilden daher auch die beste wissenschaftliche Grundlage nicht nur für diagnostische Bestimmungstabellen, sondern auch für speculative phylogenetische Systeme.

Die Energie der Wogen und des Windes.

Von H. von Helmholtz.

In meiner Mittheilung an die Akademie vom 25. Juli 1889 habe ich darauf aufmerksam gemacht, dass eine ebene Wasserfläche, über die ein gleichmässiger Wind hinfährt, sich in einem Zustande labilen Gleichgewichts befindet, und dass die Entstehung von Wasserwogen wesentlich diesem Umstande zuzuschreiben ist. Ebenda habe ich hervorgehoben, dass der gleiche Vorgang sich auch an der Grenze verschieden schwerer und aneinander entlang gleitender Luftschichten wiederholen muss, hier aber viel grössere Dimensionen annehmen könne, und ohne Zweifel bei den unregelmässig eintretenden meteorologischen Erscheinungen eine wesentliche ursächliche Bedeutung hat.

Die Wichtigkeit dieser Vorgänge hat mich veranlasst, die Verhältnisse der Energie und ihre Vertheilung zwischen Luft und Wasser noch eingehender zu untersuchen, zunächst allerdings immer noch in der Beschränkung auf stationäre Wellen, bei denen die Bewegungen der Wassertheilchen nur parallel einer senkrechten Ebene, in der die Coordinaten x vertical, die y horizontal verlaufen, vor sich gehen. Da wir aber auch dieses beschränktere Problem zunächst nur durch Herstellung convergenter Reihen lösen können, deren höhere Glieder zwar an Grösse schnell abnehmen, aber ziemlich verwickelte Form darbieten, so bleiben Schlüsse, die man nur aus der Kenntniss der ersten grössesten Glieder solcher Reihen gezogen hat, nothwendig immer beschränkt auf Wellen von geringen Höhen, und lassen die Richtigkeit mancher wichtiger Verallgemeinerungen zweifelhaft erscheinen.

Mehrere dieser Schwierigkeiten haben sich umgehen lassen dadurch, dass es mir gelang die Gesetze der stationären geradlinigen Wellen auf ein Minimalproblem zurückzuführen, in welchem die potentielle und actuelle Energie der bewegten Flüssigkeiten die zu variirenden Grössen bilden. Aus diesem Variationsproblem lassen sich allgemeingültig mehrere Schlüsse über das Abnehmen und Zunehmen der Energie und die Unterschiede stabilen und labilen Gleichgewichts der Wasseroberfläche herleiten.

In theoretischer Beziehung trat hierbei eine einigermaassen neue Aufgabe ein, insofern es sich um den Unterschied stabilen und labilen Gleichgewichts nicht mehr von ruhenden, sondern von dauernd bewegten, aber in stationärer Bewegung begriffenen Massen handelte. Zwar sind schon einige Beispiele dieses Unterschieds gelegentlich behandelt worden, wie bei der Rotation eines festen Körpers um die Axe des grössesten oder kleinsten Trägheitsmoments, und bei der Rotation eines flüssigen schweren Ellipsoids. Aber ein allgemeines Princip, wie es für ruhende Körper in der Forderung gegeben ist, dass das stabile Gleichgewicht ein Minimum der potentiellen Energie erfordert, ist für bewegte Systeme noch nicht aufgestellt worden.

Die folgenden Untersuchungen führen auf solche Formen, die übrigens auch als Verallgemeinerungen derjenigen Sätze angesehen werden können, die ich aus den allgemeinen Bewegungsgleichungen von Lagrange in ihrer Anwendung auf die Bewegungen »polycyklischer«[1] Systeme hergeleitet habe.

§. 1.
Der Minimalsatz für stationäre Wellen bei constant bleibenden Strömungsmengen.

Ich stelle wieder, wie in meiner vorjährigen Arbeit die Geschwindigkeitscomponenten u, v der Wassertheilchen während einer wirbelfreien Bewegung durch die Gleichungen dar

$$\left.\begin{aligned} u &= -\frac{\partial\psi}{\partial y} = \frac{\partial\phi}{\partial x} \dots\dots\dots \\ v &= \frac{\partial\psi}{\partial x} = \frac{\partial\phi}{\partial y} \dots\dots\dots \end{aligned}\right\} \quad 1.$$

Ich setze wieder, so weit nicht ausnahmsweise das Gegentheil ausdrücklich ausgesprochen wird, voraus, dass das Coordinatensystem der x, y als ruhend gegen die Wellen genommen wird, x vertical, (der Regel nach aufwärts positiv), y horizontal. Die Wellencurve wird als periodisch angesehen von der Wellenlänge λ. Andererseits wird die strömende Flüssigkeit begrenzt gedacht durch zwei Horizontalebenen, deren Gleichungen sind:

$$\left.\begin{aligned} x &= H_1 \dots\dots\dots \\ \text{und } x &= -H_2 \dots\dots\dots \end{aligned}\right\} \quad 1^a.$$

Dem entsprechend bezeichne ich auch die übrigen Grössen, die sich auf diejenige Flüssigkeit beziehen, die auf Seite der positiven x

[1] Journal für Mathematik. Bd. 97, S. 118.

liegt, mit dem Index 1, die auf Seite der negativen x dagegen mit dem Index 2.

Die Wellenlinie und diese beiden horizontalen Grenzlinien müssen Stromlinien sein, d. h. in ihrer ganzen Länge constante Werthe von ψ haben. Da jede der Functionen ψ eine willkührliche additive Constante enthalten kann, lässt sich an einer der Stromlinien der Werth beider ψ willkührlich wählen. Ich setze fest, dass er an der Wellenlinie, wo

$$x = \bar{x}$$

sei, den Werth habe

$$\bar{\psi} = 0 \qquad (1^b).$$

Dagegen an der Grenzlinie

$$x = H_1$$

sei

$$\psi_1 = \mathfrak{p}_1 \qquad (1^c)$$

und für

$$x = -H_2$$

sei

$$\psi_2 = \mathfrak{p}_2 \qquad (1^d).$$

Die Grössen $\mathfrak{p}_1$ und $\mathfrak{p}_2$ geben dann bekanntlich das Volumen der betreffenden Flüssigkeit an, welches in der Zeiteinheit jeden Querschnitt zwischen der Wellenfläche $\psi_1 = \psi_2 = 0$ einerseits und der oberen oder unteren Grenzfläche andererseits in der Zeiteinheit durchströmt. Es sind dies die Grössen, die ich oben als Strömungsmengen bezeichnet habe. Bei der Variation werden in diesem Paragraphen also $\mathfrak{p}_1$ und $\mathfrak{p}_2$ als unveränderlich angesehen.

Als Nullpunkt für die x soll diejenige Höhe festgehalten werden, in welcher die Grenzfläche der beiden vorhandenen Flüssigkeitsmengen im Ruhezustande liegen würde, was durch die Gleichung ausgedrückt wird:

$$\int_{y_0}^{y_0+\lambda} \bar{x} \cdot dy = 0 \qquad (1^e)$$

d. h. $x = 0$ ist diejenige Ebene, über die ebensoviel Wasser gehoben, als darunter gesenkt ist.

Schliesslich ist der Raum, innerhalb dessen die der Variation zu unterwerfenden Grössen liegen, noch durch zwei Verticalebenen zu begrenzen, die um eine Wellenlänge von einander abstehen. Da die Bewegungen nach der Wellenlänge λ periodisch sein sollen, müssen an der rechten, wie an der linken Verticalfläche die Geschwindigkeiten

$$\frac{\partial \psi_r}{\partial x} = \frac{\partial \psi_l}{\partial x}$$

gleich sein, daher auch für gleiche Werthe der x

$$\psi_r = \psi_l, \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1^f$$

und

$$\frac{\partial \psi_r}{\partial y} = \frac{\partial \psi_l}{\partial y}, \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1^g,$$

welche letztere Gleichung auch geschrieben werden kann:

$$\frac{\partial \phi_r}{\partial x} = \frac{\partial \phi_l}{\partial x},$$

oder

$$\phi_r - \phi_l = \text{Const.} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1^h.$$

Zunächst ist bekannt, dass die Gleichungen 1 ihre Lösung finden, wenn $(\psi + \phi_i)$, als eine Function von $(x + y_i)$ dargestellt werden kann, welche innerhalb des von der betreffenden Flüssigkeit gefüllten Gebiets keine Discontinuitäten und keine unendlichen Werthe zeigen darf.

Wenn die Form der Wellenlinie gegeben ist, sind bekanntlich die Werthe der beiden Functionen ψ durch die angegebenen Grenzbedingungen 1^b bis 1^g vollständig bestimmt, und zwar werden dabei die beiden Integrale, welche mit der halben Dichtigkeit der betreffenden Flüssigkeit multiplicirt die lebendigen Kräfte ergeben, nämlich

$$\frac{2L_1}{s_1} = \iint \left[\left(\frac{\partial \psi_1}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \psi_1}{\partial y}\right)^2 \right] \cdot dS_1 \ldots\ldots\ldots \quad 2$$

und

$$\frac{2L_2}{s_2} = \iint \left[\left(\frac{\partial \psi_2}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \psi_2}{\partial y}\right)^2 \right] \cdot dS_2 \ldots\ldots\ldots \quad 2^a$$

absolute Minima für die unter den angegebenen Umständen möglichen Variationen der Functionen ψ_1, wenn dabei die Werthe $\mathfrak{p}_1$ und $\mathfrak{p}_2$ als unveränderlich betrachtet werden.

Dagegen ist die Form der Wellenlinie durch die bisher besprochenen Bedingungen noch nicht bestimmt, als in so weit, dass sie periodisch nach der Periode λ sein soll. Man kann aber die Form dieser Grenzlinie der physikalischen Bedingung entsprechend, dass der Druck auf ihren beiden Seiten gleich gross sei, dadurch bestimmen, dass man verlangt, die Variation der Differenz zwischen der potentiellen Energie Φ und der lebendigen Kraft $L = L_1 + L_2$, solle verschwinden.

$$\delta[\Phi - L] = 0 \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 2^b.$$

Die potentielle Energie ist bedingt durch die ungleiche Erhebung der verschiedenen Theile der Oberfläche der schwereren Flüssigkeit

über die Niveaufläche $x = 0$. Ihr Betrag ergiebt sich leicht als gegeben durch die Gleichung

$$\Phi = \tfrac{1}{2} g (s_2 - s_1) \int \bar{x}^2 \cdot dy \quad \ldots\ldots \Big\} \; 2^c.$$

Ist s_2 die dichtere Flüssigkeit, so müssen die positiven x, wie schon bemerkt, als senkrecht steigend und y als eine positive Grösse genommen werden.

Wenn das Längenelement ds der Grenzlinie der beiden Flüssigkeiten um die verschwindend kleine Breite δN normal zu seiner Richtung nach oben verschoben wird, ergiebt sich die Variation

$$\delta\Phi = g (s_2 - s_1) \int \bar{x} \; \delta N \cdot ds \quad \ldots\ldots \Big\} \; 2^d.$$

Die Variation von L kann man in zwei Schritten ausführen. Im ersten denkt man die Grenzlinie verschoben in der angegebenen Weise, und lässt zunächst die beiden Functionen ψ_1 und ψ_2 in jedem Raumpunkte unverändert, wobei man aber auf der Seite, wo Raum durch die Verschiebung des ds gewonnen wird, diesen gewonnenen Streifen mit der continuirlichen Fortsetzung des ψ dieser Seite ausgefüllt denkt und zwar so, dass die Gleichung $\Delta\psi = 0$ dort erfüllt bleibt, und die genannte Fortsetzung statt der bisher dort liegenden Werthe der anderen Function ψ eintreten lässt. Diese Fortsetzung der in den Streifen einrückenden Function ψ ist bekanntlich immer nur in einer Weise möglich ohne Discontinuitäten zu bilden. Nur wenn in der früheren Grenze schon ein Verzweigungspunkt der betreffenden Function ψ liegt, also namentlich, wenn die Grenzlinie eine scharfe Ecke bildet, ist eine continuirliche Fortsetzung derselben ausgeschlossen. Die besondere physikalische Bedeutung eines solchen Falls werden wir später zu besprechen haben.

Durch diesen ersten Schritt in der Variation erhalten wir

$$\delta^1 L = \frac{1}{2} \int \left[s_2 \cdot \left(\frac{\partial \psi_2}{\partial N_2} \right)^2 - s_1 \left(\frac{\partial \psi_1}{\partial N_1} \right)^2 \right] \cdot ds \cdot \delta N.$$

Nun sind aber die Werthe des ψ_1 und ψ_2 an der neuen Grenze nicht mehr Null, sondern es ist annähernd daselbst:

$$\psi_1 = \frac{\partial \psi_1}{\partial N_1} \cdot \delta N$$

$$\psi_2 = - \frac{\partial \psi_2}{\partial N_2} \cdot \delta N,$$

und um sie wieder zu Null zu machen, muss also ein zweiter Schritt in der Variation ausgeführt werden, wobei die Functionen ψ so variirt werden, dass sie nunmehr an den neuen Grenzen den Werth Null erhalten.

Da nach den allgemeinen Gesetzen der Potentialfunctionen

$$\delta L = - s_1 \int \frac{\partial \psi_1}{\partial N_1} \cdot \delta \psi_1 \cdot ds - s_2 \int \frac{\partial \psi_2}{\partial N_2} \cdot \delta \psi_2 ds,$$

so wird, wenn man

$$\delta \psi_1 = - \frac{\partial \psi_1}{\partial N_1} \delta N$$

$$\delta \psi_2 = + \frac{\partial \psi_2}{\partial N_2} \cdot \delta N$$

setzt, wie in unserem Falle verlangt wird, der schliessliche Werth

$$\delta L = - \frac{1}{2} \int \left[s_2 \left(\frac{\partial \psi_2}{\partial N_2} \right)^2 - s_1 \left(\frac{\partial \psi_1}{\partial N_1} \right)^2 \right] ds \cdot \delta N \ldots\ldots \quad \} \; 2^e.$$

Da endlich bei der Variation das Volumen jeder der beiden Flüssigkeiten unverändert bleiben muss, so wird noch gefordert

$$\int \delta N \cdot ds = 0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \} \; 2^f.$$

Daraus ergiebt sich die Variation

$$\delta \{ \Phi - L \} = - \int ds \cdot \delta N \left\{ g(s_1 - s_2) \bar{x} + \frac{s_1}{2} \cdot \left(\frac{\partial \psi_1}{\partial N_1} \right)^2 - \frac{s_2}{2} \cdot \left(\frac{\partial \psi_2}{\partial N_2} \right)^2 + c \right\}$$

$$= - \int ds \cdot \delta N \cdot [p_2 - p_1] \ldots\ldots \quad \} \; 2^g.$$

Wenn also die Gleichung 2^b erfüllt ist, d. h. wenn

$$\delta \{ \Phi - L \} = 0$$

ist, so wird längs der Grenzfläche

$$p_2 = p_1$$

welches die Bedingung der stationären Oberfläche ist.

Stabilität der stationären Bewegung.

Dabei ergiebt sich für eine Form der Oberfläche, welche einer stationären nahe liegt, und die also noch Unterschiede des Druckes zeigt, dass eine solche, wenn sie den Unterschieden des Druckes folgt, so dass δN da positiv gemacht wird, wo $p_2 > p_1$, auch die Grösse $(\Phi - L)$ abnimmt, die Fläche sich also einem nahegelegenen Minimum von $(\Phi - L)$ nähern, von einem nahe gelegenen Maximum derselben Grösse dagegen entfernen muss.

Die hydrodynamischen Gleichungen zeigen dann in der That, dass die Druckgleichheit in solchem Falle nur durch Beschleunigungen hergestellt werden kann, die in der Richtung vom stärkeren zum schwächeren Druck eintreten, und die stationäre Bewegung stören.

Es wird also stabiles Gleichgewicht einer stationären Wellenform bei den möglichen Variationen einer solchen Form einem Minimum der Grösse $(\Phi - L)$ entsprechen müssen, wie bei den polycyklischen Systemen bei constanter Geschwindigkeit ihrer cyklischen Bewegungen. Wenn dagegen dieselbe Grösse bei einer anderen Curvengestalt zu einem Maximum oder Sattelwerthe wird, ist die Bedingung der Gleichheit des Druckes beiderseits der Grenzfläche allerdings augenblicklich erfüllt; aber einzelne oder alle kleinste Störungen der Gleichgewichtsgestalt werden anwachsen müssen; das Gleichgewicht wird labil werden, was sich bei wirklichen Wasserwellen im Schäumen und Branden der Wellenkämme zu erkennen giebt.

Indessen ist dabei zu bemerken, dass diese Sätze nur gelten, wenn die Functionen L_1 und L_2 im Innern der Räume, für die sie gelten, schon ihren Grenzbedingungen gemäss als Minima bestimmt sind und für jede geänderte Form der Grenzlinie als solche bestimmt bleiben.

Die Function Φ ist unter den gemachten Annahmen jedenfalls positiv und endlich, da nur eine endliche Menge von Flüssigkeit vorhanden ist, die um die endliche Höhe H_1 gehoben werden kann. L ist ebenfalls nothwendig positiv, kann aber $+\infty$ werden, da die Wellenberge sich der oberen, die Wellenthäler sich der unteren Grenzfläche würden nähern können, und der gesammte constant bleibende Flüssigkeitsstrom dann durch unendlich enge Spalten mit unendlicher Geschwindigkeit gepresst werden müsste.

Die Grösse $(\Phi - L)$ wird also bei ebener Grenzfläche, wo $\Phi = 0$ ist, einen positiven Werth haben müssen, und kann bei steigender Wellenhöhe negativ unendlich werden. Ob zwischen diesen Grenzen ein Minimum eintritt, und bei welchen Werthen der $\mathfrak{p}$ dies geschieht, kann nur durch Untersuchung der einzelnen Wellenformen entschieden werden. Ein Sattelwerth ist jedenfalls bei ebener Oberfläche gegeben.

Nur lässt sich schon erkennen, dass, wenn ein vollkommenes Minimum existirt, ein Übergang von diesem zu den unendlichen negativen Werthen des $(\Phi - L)$ führen muss, welcher zuerst mit steigenden Werthen beginnt, und dann wieder fällt. Es wird dann einen niedrigsten Werth der Übergangsstelle zwischen steigenden und fallenden Werthen geben müssen, der einem Maximo-Minimum der Grösse $(\Phi - L)$ entspricht, also auch einer stationären Wellenform, aber einer solchen von labilem Gleichgewicht, die an der Grenze des Brandens ist.

Existirt ein solches Minimum, so muss daselbst bei Variationen in der Form der Wellen, welche Φ steigen machen, L um ebensoviel steigen. Ebenso auf dem Sattel, wenn wir den Wellenformen folgen, die die Thallinie bilden. Vergrössern wir aber die Werthe von $\mathfrak{p}_1$ und $\mathfrak{p}_2$, d. h. vergrössern wir die Fortpflanzungsgeschwindig-

keit und Windstärke der Wellen, so werden die Differentialquotienten von L an beiden Stellen grösser, und die beiden Grenzwerthe werden sich einander nähern müssen, schliesslich in einander übergehen, womit das absolute Minimum aufhört zu existiren. Daraus ist zu schliessen, dass bei steigenden Strömungen stationäre Wellen bestimmter Wellenlänge unmöglich werden müssen.

Nothwendigkeit der Brandung bei zu grossen Strömungen.

Dass für grosse Werthe der $\mathfrak{p}_1$ und $\mathfrak{p}_2$, die über ein bestimmtes Maass hinausgehen, keine Minima der Function $(\Phi - L)$ bei constantem endlichen Werthe der Wellenlänge mehr möglich sind, lässt sich, wie folgt erkennen. Man berechne die Werthe von L_1 und L_2 unter der Annahme $\mathfrak{p}_1 = \mathfrak{p}_2 = 1$ für eine beliebig gewählte Wellenform, und suche alsdann für einen beliebig gewählten Werth von $\delta\Phi$ diejenigen beiden Variationen der Curve, welche die eine δL_1, die andere δL_2 zu einem Maximum macht.

Unter den möglichen Variationen der Wellenform, welche positive Werthe des $\delta\Phi$ ergeben, sind auch diejenigen, bei denen die Gipfel der Wellenberge gesteigert, die Thäler gesenkt werden. Da die obere Flüssigkeit über den Bergen den grössten, über den Thälern den kleinsten Querschnitt hat, so muss über den Bergen grössere Stromgeschwindigkeit herrschen, als über den Thälern, d. h. die Werthe der $\frac{\partial \psi_1}{\partial N_1}$ müssen an den Berggipfeln absolut grösser sein, als in den Thälern. Daraus folgt nach Gleichung (2e), dass wenn wir die Berge erhöhen und die Thäler vertiefen, wir nicht blos positive Werthe des $\delta\Phi$, sondern auch positive der beiden δL erhalten. Folglich ist der gesuchte maximale Werth der beiden Grössen δL_1 und δL_2, der zu dem vorgeschriebenen positiven Werthe des $\delta\Phi$ gehört, nothwendig ein positiver Werth, und zwar ist bei endlicher Höhe der Wellen das Verhältniss $\delta\Phi : \delta L_1$ wie $\delta\Phi : \delta L_2$ nothwendig endlich.

Bezeichnen wir nun mit α einen ächten Bruch, und denken wir nunmehr die Variation für L_1 im Betrage α ausgeführt, wie es der Variation $\alpha \cdot \delta\Phi$ entsprechen würde. Die Variation δL_2 dagegen werde im Betrage $(1 - \alpha)$ ausgeführt. Dann ist die gesammte Variation für Φ:

$$\delta\Phi = [\alpha + (1 - \alpha)]\, \delta\Phi\,,$$

$$\delta L = \alpha \cdot \delta L_1 + (1 - \alpha) \cdot \delta L_2\,.$$

Ist nun $\delta L_1 > \delta L_2$, so erhalten wir die grösste Variation von δL, wenn wir $\alpha = 1$ machen; im entgegengesetzten Falle dagegen würden wir $\alpha = 0$ zu machen haben. Dann erreicht δL den grössten Werth, den es bei dem gegebenen Werthe von $\delta\Phi$ bei der gewählten Wellenform überhaupt haben kann.

Wenn der grösste positive Werth des δL kleiner als $\delta\Phi$ ist, so würde man jedenfalls für $\mathfrak{p}_1^2$ einen Werth finden können, der

$$\mathfrak{p}_1^2 \delta L > \delta\Phi$$

machte, und also die Variation $\delta(\Phi - L)$ für wenigstens eine Art der Formänderung negativ, was sie für eine Minimalform nicht sein darf.

Da Φ immer endlich bleibt, kann man auch immer endliche Variationen seiner Grösse vollziehen, die von der Grössenordnung der Verschiebung δN der Linienelemente ds sind, und die letzteren ergeben auch immer endliche Variationen der L_1 und L_2 wenigstens bei endlichen Geschwindigkeiten der Strömung längs der Fläche.

Unendliche Geschwindigkeiten würden nur an vorspringenden Ecken der Wellenlinie vorkommen können, und wenn dort Strömung ist, unendlichen negativen Druck ergeben, d. h. Brandung. Nur wenn keine relative Bewegung der Wellen gegen das Medium vorhanden ist, in welches die Kanten hineinragen, (wenn der Wind genau so schnell wie die Wellen geht) können solche Ecken bestehen.

Diese letzteren Fälle, die, an der Grenze des Brandens liegen ausgenommen, werden wir also für alle continuirlich gekrümmten Wellenformen für jedes $\delta\Phi$ stets ein Maximum des δL von derselben Grössenordnung haben. Und wenn wir den kleinsten Werth dieses Verhältnisses $\frac{\delta L}{\delta\Phi}$ aufsuchen, und ein $\mathfrak{p}^2$ suchen, welches grösser als der grösste so gewonnene Werth von $\frac{\delta\Phi}{\delta L}$ ist, so wird für die dadurch gegebene Stromstärke überhaupt die Möglichkeit stationärer Wellenbildung von der vorgeschriebenen Wellenlänge λ ausgeschlossen.

Stationäre Wellen von vorgeschriebener Wellenlänge sind also nur für Werthe der Strömungsgeschwindigkeiten $\mathfrak{p}_1^2$ und $\mathfrak{p}_2^2$ möglich, die unterhalb gewisser Grenzen liegen.

Andrerseits zeigt dieselbe Betrachtung weiter, dass Verkleinerung der Werthe von $\mathfrak{p}_1^2$ und $\mathfrak{p}_2^2$ nothwendig auch grössere δL_1 und δL_2 gegen $\delta\Phi$ wird verschwinden machen. Dann können Variationen von $\delta\Phi$ durch entgegengesetzte gleicher Grössenordnung von L nicht mehr aufgehoben werden, und dann könnte höchstens nur noch der eine Grenzwerth, der ebener Oberfläche entspricht, bestehen. Die Grenze für die kleinsten zulässigen Werthe der $\mathfrak{p}_1$ und $\mathfrak{p}_2$ ergiebt sich schon aus den bisher angestellten Untersuchungen:[1]

---

[1] Ich bin seitdem darauf aufmerksam gemacht worden, dass schon Sir W. Thomson diese Gleichung erster Annäherung mit Berücksichtigung der Windstärke gegeben hat. Philos. Mag. 1871. (4) XL 11. S. 362, wo übrigens auch der Einfluss der Capillarität berücksichtigt ist.

$$\frac{2\pi s_1 \mathfrak{p}_1^2}{H_1^2} + \frac{2\pi s_2 \mathfrak{p}_2^2}{H_2^2} = g \cdot \lambda (s_1 - s_2).$$

Somit ist das Gebiet der Werthe $(\mathfrak{p}_1)^2$ und $(\mathfrak{p}_2)^2$, welches stationäre Wellen zulässt, auch in Richtung der kleineren Werthe hin beschränkt.

Zu beachten ist, dass die Grösse $\mathfrak{p}_2$ die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen gegen das Wasser bestimmt, $\mathfrak{p}_1$ dagegen die Geschwindigkeit des Windes relativ zu den Wellen. Jede einzelne von ihnen kann klein werden, wenn die andere hinreichend gross ist.

§. 2.

Der Minimalsatz für stationäre Wogen bei constant gehaltenem Geschwindigkeitspotential.

Den Werth für die lebendige Kraft, wie er in Gleichung (2) gegeben ist, können wir durch partielle Integration umbilden

$$L_1 = \frac{s_1}{2} \int \mathfrak{p}_1 \cdot \frac{\partial \psi_1}{\partial x} \cdot dy$$

worin sich das Integral nur auf die obere horizontale Grenzlinie bezieht. Die Theile des Integrals für die andern Grenzen des Raumes S_1 fallen alle fort. Da nun nach Gleichungen (1)

$$\frac{\partial \psi}{\partial x} = \frac{\partial \phi}{\partial y},$$

so ergiebt sich:

$$L_1 = \frac{s_1}{2} \mathfrak{p}_1 \int \frac{\partial \phi_1}{\partial y} \cdot dy.$$

Oder indem wir den von x unabhängigen Werth der Differenz

$$\phi_{y+\lambda} - \phi_y = \mathfrak{f}$$

setzen, erhalten wir

$$L_1 = \frac{s_1}{2} \mathfrak{p}_1 \cdot \mathfrak{f}_1 \dots\dots\dots\dots \quad 3.$$

und ebenso

$$L_2 = -\frac{s_2}{2} \cdot \mathfrak{p}_2 \cdot \mathfrak{f}_2 \dots\dots\dots\dots \quad 3^a.$$

Die Grössen $\mathfrak{p}$ und $\mathfrak{f}$ sind von einander abhängig, sobald die Gestalt des Raumes gegeben ist, an dessen Grenzen sie gelten sollen, so dass wir setzen können

$$\mathfrak{p} = \mathfrak{f} \cdot \mathfrak{R}$$

wo $\mathfrak{R}$ nur von der Grösse und Form des Raumes abhängt. Daraus ergiebt sich

$$L = \frac{s}{2}\,\mathfrak{p}\cdot\mathfrak{f} = \frac{s}{2}\,\mathfrak{f}^2\mathfrak{R} = \frac{s}{2}\,\frac{\mathfrak{p}^2}{\mathfrak{R}} \qquad 3^b.$$

Wenn also $\mathfrak{R}$ eine Änderung $\delta\mathfrak{R}$ erleidet, so wird, wenn $\mathfrak{f}$ unverändert bleibt

$$\delta L = \frac{s}{2}\cdot\mathfrak{f}^2\cdot\delta\mathfrak{R}$$
$$\delta\mathfrak{f} = 0;$$

dagegen, wenn $\mathfrak{p}$ unverändert bleibt,

$$\delta L = \frac{s}{2}\,\frac{\mathfrak{p}^2\cdot\delta\mathfrak{R}}{\mathfrak{R}^2} = -\frac{s}{2}\,\mathfrak{f}^2\cdot\delta\mathfrak{R}$$
$$\delta\mathfrak{p} = 0.$$

Beide Variationen haben also gleichen Werth bei entgegengesetztem Vorzeichen. Wir können demnach die Variationsform des stationären Zustandes, wo die Variation des δL aus einer solchen der Raumform hergeleitet ist:

$$\delta\Phi - \delta L = 0$$
$$\delta\mathfrak{p}_1 = \delta\mathfrak{p}_2 = 0$$

auch schreiben

$$\delta\Phi + \delta L = 0$$
$$\delta\mathfrak{f}_1 = \delta\mathfrak{f}_2 = 0.$$

Die Grössen $\mathfrak{f}$ haben nach ihrer Definition bekanntlich den Werth:

$$\mathfrak{f} = \int_{x,y}^{x,y+\lambda} (u\cdot dx + v\cdot dy)$$

dies Integral genommen für irgend einen Werth, der von dem Punkte x, y zu dem Punkte $x, y+\lambda$ führt. Wenn wir für diesen Weg die Stromlinie $\psi = \text{const.}$ wählen, so bezeichnet er auch einen Weg, in welchem eine Reihe materieller Wassertheilchen fortfliessen. Der Werth des Integrals $\mathfrak{f}_1$, berechnet für eine solche Reihe derselben fortfliessenden materiellen Theilchen, bleibt bekanntlich ungeändert, wenn keine Verschiedenheiten der Summe des Drucks und des Potentials der äusseren Kräfte zwischen Anfang und Ende der Reihe bestehen und keine Reibung da ist, welche Bewegungen auch sonst in der Flüssigkeit vor sich gehen mögen. Es ist diejenige Summe, die auch bei der Wirbelbewegung in jedem geschlossenen Ringe von materiellen Theilchen ungeändert bleibt. Wir können also $s_1\mathfrak{f}_1$ und $s_2\mathfrak{f}_2$ für die Flüssigkeitsbewegungen als die ohne Einwirkung direct beschleuni-

Kräfte unveränderlich bleibenden Bewegungsmomente betrachten, während die Strömungsgrössen $\mathfrak{p}_1$ und $\mathfrak{p}_2$ dadurch die Bedeutung der Geschwindigkeiten erhalten. Dann sind die beiden gefundenen Variationsprobleme vollkommen analog den von mir in der Theorie der polycyklischen Systeme entwickelten Sätze, dass

$$\left.\begin{array}{l}\delta(\Phi - L) = -\Sigma\,[P_a \cdot \delta p_a] \\ \delta q_e = 0\end{array}\right\} \quad 3^e$$

wenn die Geschwindigkeiten q_e der cyklischen Bewegungen constant gehalten werden. Darin sind p_a die veränderlichen Coordinaten und P_a die auf ihre Vergrösserung hinwirkenden Kräfte. Stabiles Gleichgewicht entspricht, wie leicht zu sehen, einem Minimum des $(\Phi - L)$.

Andererseits, wenn man die Bewegungsmomente $\frac{\partial L}{\partial q_e}$ constant hält, ist

$$\left.\begin{array}{l}\delta[\Phi + L] = -\Sigma\,[P_a \cdot dp_a] \\ \delta\left(\frac{\partial L}{\partial q_e}\right) = 0.\end{array}\right\} \quad 3^f$$

Auch hier erfordert stabiles Gleichgewicht ein Minimum der Grösse $(\Phi + L)$ d. h. der gesammten Energie des Körpers.

Der obigen Gleichung 3^e für polycyklische Systeme entspricht durchaus die Gleichung 2^g, nur dass darin die Anzahl der veränderlichen Coordinaten der Oberflächenelemente δN unendlich gross ist, und die Kraft $(p_2 - p_1)$, welche statt der P_a eintritt, eine continuirliche Function der δN ist. Daher das Integral statt der Summe.

Dass auch in der Theorie der Wellen das stabile Gleichgewicht dem Minimum der Energie bei festgehaltenem Werthe des $\mathfrak{f}$ entspricht, zeigt sich, wenn man an den Einfluss der Reibung denkt, die ein gestörtes stabiles Gleichgewicht wieder herstellen kann, nicht aber ein labiles. Reibung vermindert immer den vorhandenen Energievorrath. Sie kann also ein gestörtes Minimum der Energie wiederherstellen, aber die Abweichung von einem Maximum nicht.

§. 3.

Minimalform für unendliche Dicke der Schichten.

Im Folgenden wollen wir die beiden Flüssigkeitsschichten, an deren Grenzfläche sich die Wellen bilden, als sehr dick in verticaler Richtung betrachten, also die Werthe H_1 und H_2 als sehr gross, beziehlich über alle Grenzen in das Unendliche wachsend ansehen, um die Theorie der Wellen von denjenigen Verwickelungen zu befreien,

die durch den Einfluss der oberen und unteren begrenzenden Horizontalflächen hervorgebracht werden.

Unter diesen Umständen entfernt sich die Bewegung an diesen beiden weit entfernten begrenzenden Horizontalflächen nicht mehr merklich von einer geradlinigen von gleichmässiger Geschwindigkeit. An der Fläche H_1 setzen wir diese gleich a_1, an der H_2 gleich $(-a_2)$, indem wir der letzteren die entgegengesetzte Richtung zuertheilen, wie sie ihr in den normalen Fällen, wo der Wind den Wellen voranläuft, zuzukommen pflegt.

Dann ist zunächst

$$+\mathfrak{f}_1 = a_1 \cdot \lambda$$
$$-\mathfrak{f}_2 = a_2 \cdot \lambda$$

und in den höheren Schichten der Flüssigkeit

$$\psi_1 + \phi_1 i = +a_1 (x + yi) + h_1$$

worin h eine durch Gleichung (1[e]) zu bestimmende Constante ist. Ebenso

$$\psi_2 + \phi_2 i = -a_2 (x + yi) + h_2.$$

Bei ebener Grenzfläche, wenn für diese, wie oben festgesetzt ist, $\psi_1 = \psi_2 = 0$ sein soll, und auch $x = 0$, werden h_1 und h_2 beide gleich Null, und die lebendige Kraft in diesem Falle

$$L_1^1 = \frac{s_1}{2} \mathfrak{p}_1 \cdot \mathfrak{f}_1 = \frac{s_1}{2} a_1^2 H_1 \lambda$$

$$L_2^1 = -\frac{s_2}{2} \mathfrak{p}_2 \mathfrak{f}_2 = \frac{s_2}{2} a_2^2 \cdot H_2 \lambda.$$

Wenn dagegen Wogen entstanden sind, ist L_1 bei festgehaltenem Werthe von a_1, und daher auch von $\mathfrak{f}_1$ kleiner, da, wie wir gesehen haben, dann bei Steigerung der Wellenhöhe ein negativer Werth des δL_1 eintritt. Wir können also unter diesen Umständen setzen

$$L_1 = \frac{s_1}{2} a_1^2 (H_1 - r_1) \cdot \lambda \ldots\ldots\ldots\ldots \Big\} \; 4.$$

worin r_1 ein positiver Werth ist, der von der Form und Höhe der Wellen, aber nicht von H_1 abhängt. Denken wir nämlich das H_1 vergrössert um DH_1 und das L_1 dem entsprechend um DL_1, so ist in dem dem Felde zugesetzten Streifen die Geschwindigkeit überall gleich a_1 und also

$$DL_1 = \frac{s_1}{2} a_1^2 \cdot DH_1$$

$$L_1 + DL_1 = \frac{s_1}{2} a_1^2 \Big[(H_1 + DH_1) - r_1\Big] \cdot \lambda.$$

Es gilt also derselbe Werth von r_1 auch für die grössere Höhe, unabhängig von dem Werthe des DH_1.

Die Formel 4 ergiebt unmittelbar

$$\mathfrak{p}_1 = -\mathfrak{f}_1 (H_1 - r_1) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \} \; 4a.$$

Verglichen mit galvanischen Verhältnissen, misst $\mathfrak{p}_1$ die Gesammtströmung (Intensität des Stromes), $\mathfrak{f}_1$ den Potentialunterschied an den Grenzflächen, demnach $(H_1 - r_1)$ die Leitungsfähigkeit, die dem Querschnitt proportional ist. Es entspricht also r_1 derjenigen constanten Verminderung des Querschnitts, welche die Strömung ebenso stark herabsetzen würde, wie die ungleichmässige Eindämmung durch die Wellen.

Die Minimalformel bei constant gehaltenem a_1 und a_2 ergiebt, da λ, H_1 und H_2 unverändert bleiben,

$$\delta(\Phi + L) = \delta\Phi - \frac{s_1}{2} a_1^2 \delta r_1 - \frac{s_2}{2} a_2^2 \cdot \delta r_2 = 0 \ldots\ldots\ldots \Big\} \; 4^b.$$

Die andere, in der die a zu ersetzen sind durch

$$a = \frac{\mathfrak{p}}{H - r}$$

$$\delta(\Phi - L) = \delta\Phi - \frac{s^1}{2} \mathfrak{p}_1^2 \frac{\delta r_1}{(H_1 - r_1)^2} - \frac{s_2}{2} \cdot \mathfrak{p}_2^2 \cdot \frac{\delta r_2}{(H_2 - r_2)^2},$$

fällt mit der erst gefundenen vollständig zusammen.

Die Grössen r_1 und r_2 hängen nur von der Wellenform ab, und ergeben sich meist durch einfache Rechnungen, sobald man die Form der Functionen ψ_1 und ψ_2 gefunden hat.

Fortführung der oberflächlichen Schichten.

Die Strömungsgrösse $\mathfrak{p}_1$ und $\mathfrak{p}_2$ der beiden Flüssigkeiten ist nicht mehr dieselbe, wie sie bei den gleichen Werthen der Geschwindigkeiten a_1 und a_2 über ebener Wasserfläche sein würde, sondern sie ist im oberen Medium um $r_1 a_1$ kleiner als vorher, im unteren um $r_2 a_2$. Denken wir uns nun auf beiden Seiten die Geschwindigkeit $-a_2$ hinzugesetzt, so dass das untere Medium zur Ruhe kommt, die Wellen aber mit der Geschwindigkeit $-a_2$ fortlaufen, so fällt unter ebener Grenzfläche daselbst jede Bewegung fort; aber unter der wogenden Fläche tritt ein Strom auf von der Grösse $-a_2 r_2$, und dafür geht der Wind im oberen Raume nicht durchweg mit der Geschwindigkeit $(a_1 + a_2)$, sondern nahe über der wogenden Fläche tritt eine Verminderung der Strömung der Luft im Betrage von $a_1 r_1$ statt.

Diese beiden Ströme bedingen nun, dass die Masse der Luft und des Wassers zusammengenommen ein anderes Bewegungsmoment in horizontaler Richtung haben, als wenn sie mit den gleichen Geschwindigkeiten a_1 und a_2 über ebener Grenzfläche flössen, und zwar beträgt diese Differenz M des Bewegungsmomentes (in Richtung des Windes als positiv gerechnet):

$$M = s_2 a_2 r_2 - s_1 a_1 r_1 \ldots\ldots \Big\} \; 5.$$

Gleich Null würde dies nur sein können, wenn

$$s_2 a_2 r_2 = s_1 a_1 r_1 \ldots\ldots \Big\} \; 5^a,$$

wäre, oder indem wir die Windgeschwindigkeit w einführen

$$w = a_1 + a_2 \ldots\ldots \Big\} \; 5^b,$$

würde die Gleichung 5^a werden

$$\frac{s_2 r_2 w}{s_1 r_1 + s_2 r_2} = a_1$$

$$\frac{s_1 r_1 w}{s_1 r_1 + s_2 r_2} = a_2 \,.$$

Da nun r_1 und r_2 für die gewöhnlich vorkommenden Wellen wenig unterschiedene Werthe haben, wie uns die späteren Rechnungen zeigen werden, und für Luft und Wasser

$$s_1 : s_2 = 1 : 773.4$$

ist, so würde diese Bedingung die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen gegen Wasser a_2 annähernd ergeben:

$$a_2 = \frac{w}{774.4} \,.$$

Für niedrige Wellen ergiebt Gleichung I S. 775 meines vorjährigen Aufsatzes (unter Vernachlässigung der kleinen Grössen z und ρ)

$$s_1 a_1^2 + s^2 a_2^2 = \frac{g \cdot \lambda (s_2 - s_1)}{2\pi} \,.$$

Setzen wir $w = 10^m$, was einem ziemlich kräftigen Winde entspricht, so ergiebt sich für niedrige Wellen von unverändertem Bewegungsmoment:

$$a_1 = 9^m.98709$$
$$a_2 = 0^m.01291$$
$$\lambda = 0^m.082782.$$

Diese Wellen von nur 8^{cm} Länge würden offenbar nur den ersten Kräuselungen der Oberfläche entsprechen können, die ein starker, diese treffender Wind augenblicklich erregt. Erst dadurch, dass derselbe Wind lange über diese erst erregten Wellen hinbläst, und ihnen

einen Theil des Bewegungsmoments langer Luftstrecken abgiebt, werden Wellen mit höheren Fortpflanzungsgeschwindigkeiten zu gewinnen sein.

Daraus würde übereinstimmend mit der Erfahrung folgen, dass gleichbleibend starker Wind, der eine ruhige Wasserfläche trifft, schneller laufende, d. h. längere und höhere Wellen erst erzeugen kann, wenn er längere Zeit auf die erst entstandenen Wellen gewirkt, diese auf einem längeren Wege über die Wasserfläche begleitet hat.

Gleichzeitig erhellt auch, dass die Wellen unter gleichbleibendem Winde nur wachsen können, wenn der Wind schneller in derselben Richtung vorwärts geht, als sie selbst.

Energie fortlaufender Wellen auf ruhendem Wasser. Ähnlich wie mit dem Bewegungsmoment verhält es sich mit dem Energievorrath der Wellen. Unsere bisherigen Vergleichungen der Energie verschiedener Wellen unter einander beziehen sich auf die Energie der relativen Bewegung der Flüssigkeit gegen die als stillstehend gedachten Wellen gerechnet.

Der bekannte Satz, dass die lebendige Kraft eines beliebig zusammengesetzten mechanischen Systems gleich ist, der lebendigen Kraft der Bewegungen relativ zu seinem Schwerpunkte plus der lebendigen Kraft des Schwerpunkts, in welchem man die Gesammtmasse des Systems sich vereinigt denkt, kann mit einer kleinen Änderungsweise des Ausdrucks auch auf unseren Fall übertragen werden. Da nämlich die gesammte Masse des Systems multiplicirt mit der Geschwindigkeit $\mathfrak{v}$ des Schwerpunkts den Betrag des gesammten Bewegungsmoments des Systems in Richtung dieser Geschwindigkeit angiebt, so kann man die lebendige Kraft $\mathfrak{L}$ des Schwerpunkts auch setzen

$$\mathfrak{L} = \tfrac{1}{2} M \cdot \mathfrak{v} = \tfrac{1}{2} \cdot \mathfrak{M} \cdot \mathfrak{v}^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \} 6,$$

wo M wieder das Bewegungsmoment des gesammten Systems in Richtung von $\mathfrak{v}$, und $\mathfrak{M}$ die Masse des Systems bezeichnet. Vergleicht man nun zwei verschiedene Bewegungszustände und Configurationen des Systems mit einander, in denen L_1 und L_2 die lebendigen Kräfte der Bewegungen relativ zum Schwerpunkt, Φ_1 und Φ_2 die potentiellen Energien sind, $\mathfrak{v}_1$ und $\mathfrak{v}_2$ die parallel gerichteten Geschwindigkeiten des Schwerpunkts, so ist der Unterschied ihrer gesammten Energien

$$E_1 - E_2 = \Phi_1 - \Phi_2 + L_1 - L_2 + \tfrac{1}{2}\mathfrak{M} \cdot \mathfrak{v}_1^2 - \tfrac{1}{2}\mathfrak{M} \cdot \mathfrak{v}_2^2.$$

Füge ich nun ohne die relativen Bewegungen zu verändern bei beiden den Betrag c hinzu zur Geschwindigkeit des Schwerpunkts in deren Richtung, so wird der Unterschied geändert in

$$E_1' - E_2' = E_1 - E_2 + c\,(M_1 - M_2).$$

Ist also $M_1 - M_2 = 0$, so ändert sich der Werth des Energieunterschiedes nicht durch Hinzufügung der Geschwindigkeit c. Dies würde, da für unsere wogenden Flüssigkeiten die Unterschiede $(E_1 - E_2)$ und $(M_1 - M_2)$ für jede Wellenlänge endlich sind, selbst wenn die H_1 und H_2, also die Massen der bewegten Flüssigkeiten in das Unendliche wachsen, gelten müssen.

Also nur für die Wellen, die der Bedingung (5^a) genügen, wird der Unterschied der Energie bei ruhenden Wellen und bei ruhendem Tiefwasser gleich gross sein. Nach den oben ausgeführten Sätzen werden stationäre Wellen dieser Art geringere Energie haben müssen, als ebenes Wasser, was also in diesem Falle auch für diese Art von Wellen über ruhendem Wasser gilt.

Bei den Wellen, welche grösseres a_2 haben, wird Zusatz einer gemeinsamen Geschwindigkeit $(-a_2)$, welche die Wassertiefe in Ruhe bringt, den Energieunterschied zwischen glatter Oberfläche und Wellenbildung verändern um den Betrag

$$E'_1 - E'_2 = E_1 - E_2 + a_2 \left[s_2 a_2 r_2 - s_1 a_1 r_1 \right].$$

Der Index 1 bezieht sich auf die wogende Fläche, 2 auf die ebene, die Strichelung E' auf ruhendes Tiefwasser, die ungestrichelten E auf ruhende Wellen.

Daraus geht hervor, dass die doch meist sehr kleinen Unterschiede $(E_1 - E_2)$ bei Wellen von erheblicheren Fortpflanzungsgeschwindigkeiten auf ruhendes Tiefwasser übertragen ihren negativen Werth verlieren und einen positiven annehmen werden.

Auch hier wird die Energie, die dem vorher ruhenden Wasser in Form der Hebung seiner Oberfläche und lebendiger Kraft seiner Bewegung gegeben wird, der Luft genommen werden müssen. Um den genügenden Betrag für die Bildung grosser Wellen zu gewinnen, wird auch aus diesem Grunde nöthig sein, dass erst lange Luftschichten vorübergezogen sind, und einen Theil ihrer lebendigen Kraft abgegeben haben.

Im ersten Moment, wo ein neuer Windstoss die Wasserfläche trifft, werden sich stationäre Wellen nur mit $M = 0$ und $E_1 - E_2 = 0$ von dem in Gleichung 5^a gegebenen Werthe von a_2 bilden können. Die letztere Bedingung zeigt an, dass dieselben nahe am Zerspritzen sein würden, was man in der That oft bei ganz kleinen, plötzlich erregten Kräuselungen sieht. Übrigens kommt bei diesen kleinen Wellen, wie Sir William Thomson[1] nachgewiesen hat, auch noch die Capillarspannung der Flüssigkeit in Betracht, die den Energiewerth der wogenden Fläche etwas höher stellt.

[1] S. früheres Citat.

Der Regel nach werden sich also nicht gleich von Anfang an stationäre Wellen bilden, da die Wellen von unverändertem Bewegungsmoment, einen Überschuss von Energie zurücklassen würden. Wenn sich aber von Anfang an Wellen von theils positiver, theils negativer Differenz des Bewegungsmomentes und der Energie neben einander auf dem ruhenden Wasser erzeugen, so wird die Summe dieser Differenzen Null werden können. Diese Wellensysteme von verschiedener Wellenlänge und Fortpflanzungsgeschwindigkeit, werden indem sie fortlaufen mannigfache Interferenzen erzeugen, und nach dem von mir für Combinationstöne angegebenen Princip, was in seiner Anwendung auf die Fluthwellen schon sehr schöne Bestätigungen durch Sir W. Thomson's Analyse der von der British Association angeordneten Fluthbeobachtungen erhalten hat, werden sich auch allmälig Wellen von grösseren Wellenlängen bilden können.

So lange der Wind den Wellen noch voreilt, wird er den Energievorrath und das Bewegungsmoment der Wellen weiter steigern können, und so lange noch die für ruhende Wellen berechnete Energie abnehmen und ein noch tieferes Minimum bilden kann, wird auch die Neigung unter der Einwirkung aller der kleinen Störungen, welche die mitlaufenden andern Wellen in den Fällen der Wirklichkeit erzeugen, der Form geringster Energie zuzustreben weiterwirken. Diese wird endlich an den Sattelwerth und zum Zerschäumen der Oberkante führen, falls dies bei der gegebenen Windgeschwindigkeit erreicht werden kann.

Ich habe im April d. J. versucht durch Beobachtungen, die ich auf dem Cap d'Antibes anstellte über diese Folgerung aus der Theorie Aufschluss zu gewinnen. Ich maass mit einem kleinen tragbaren Anemometer die Windstärke unmittelbar am Rande der dort theilweise steil aufsteigenden Klippenwände der schmalen Landzunge, die ziemlich weit in das Meer hineinragt. Indessen zeigten die Beobachtungen, dass mehrere Male draussen auf dem Meere stärkerer Wind geherrscht haben musste, als ich hatte beobachten können.

Ausserdem zählte ich die Anzahl der ankommenden Wogen.

Es ist bei den Wasserwellen ebenso gut, wie bei den Schallwellen darauf zu rechnen, dass bei allen Ablenkungen, Verzögerungen, Dämpfungen, die sie erleiden, die Schwingungsdauer unverändert bleibt. Diese wird man also am Ufer noch ermitteln können, wenn auch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in flachem Wasser geändert wird, und Form und Länge der Welle sich ändern. Die Anzahl N der Wellen in der Minute wird durch

$$N = \frac{60 \cdot a_2}{\lambda}$$

ausgedrückt. Wenn a_2 auf na_2 steigt, steigt, wie mein vorjähriger Aufsatz zeigt, λ auf $n^2\lambda$, und also

$$N_n = \frac{N}{n}.$$

Eine Geschwindigkeit $a_2 = 10^m$ würde 9.4 Wellen in der Minute ergeben; dagegen $a_2 = 5^m$ gäbe 18.8.

Die Zählung der Wellen ohne registrirende Instrumente ist nun nicht mit grosser Genauigkeit auszuführen, da auf dem Meere, so weit ich es gesehen, immer neben einander Wellen von etwas verschiedener Zeitperiode zu bestehen scheinen, welche interferiren, und das den akustischen Schwebungen entsprechende Phaenomen geben. Während des Minimum der Bewegung wird man in der Zählung leicht unsicher. Bei wiederholten Zählungen an derselben Stelle erhält man also leicht Schwankungen von etwa $\frac{1}{10}$ oder selbst mehr der gesuchten Anzahl.

Die Windstärke, die ich am Ufer beobachtete, ist nicht über $6^m.1$ gestiegen. Dies war am Abend meiner Ankunft in Antibes, 1. April d. J.; der Wind war OSO. Wellen zählte ich zwischen 8.5 und 10. Am anderen Morgen, 2. April, waren es noch 10 bis 10.5, obgleich der Wind fast ganz verschwunden war. Die Wellenzahl erklärt sich nur, wenn auf hohem Meere Wind bis etwa 10^m bestanden hatte. Der Wind hob sich am 2. April im Laufe des Tages bis auf 4^m. Dennoch war die Wellenzahl auch am 3. April noch 9.5 bei ganz schwachem Winde, am 4. April erst war Zunahme wahrnehmbar bis zu 12.5 Wellen.

Während einer Reihe von ruhigen Tagen steigerte sich die Zahl der immer kleiner werdendeu Wellen allmälig auf 17 bis 18. Endlich am 7. April fing der Wind wieder an sich zu heben. Am Morgen fand ich $3^m.3$ Windgeschwindigkeit, die im Laufe des Tages bis $5^m.5$ anwuchs, und die Anzahl der Wellen bis auf 11.5 herabbrachte. Dieses Mal aber war der Ort des stärkeren Windes nachweisbar. In Marseille hatte in der Nacht vorher ein schwerer Wirbelsturm geherrscht, und die von ihm erregten stärkeren Wellen zogen als ein scharf abgegrenzter dunkelgrauer Streifen vom Meereshorizonte heran, und erreichten Cap d'Antibes gegen Mittag lange vor dem stärkeren Winde, der sie erregt hatte, und der am letzteren Orte überhaupt nicht dieselbe Gewalt, wie in Marseille, annahm.

Die wenigen Beobachtungen zeigen also einen Zusammenhang zwischen Wellenzahl und Windstärke allerdings an, und auch Übereinstimmung, wenigstens in der Grössenordnung. Aber die Wellenzahlen sind alle etwas kleiner, als sie aus der Stärke des Uferwindes berechnet

sein sollten und lassen auf stärkeren Wind in hoher See schliessen. Sie zeigen aber auch, dass die Nachwirkung eines starken Windes mehrere Tage dauern kann.

Bei 10^m Fortpflanzungsgeschwindigkeit durchlaufen die Wellen in einem Tage $7^3/_4$ Längengrade. Wenn also das Mittelmeer bis zur grossen Syrte hin am 1. April durch eine kräftige Brise von 10^m Geschwindigkeit in Wellen versetzt war, konnten diese $2^1/_2$ Tage brauchen, ehe die letzten die Küste von Südfrankreich erreichten.

Gründlicher wird sich das Problem jedenfalls erst lösen lassen, wenn Registrirungen der Wogen und ausgedehnte Beobachtungen der Windgeschwindigkeit vorliegen. Letztere sind leider für den April dieses Jahres noch nicht zusammengestellt oder wenigstens noch nicht veröffentlicht, und konnten von mir noch nicht benutzt werden.

Über orthogonale Systeme.

Von L. Kronecker.

(Fortsetzung der Mittheilung vom 22. Mai [St. XXVI].)

VIII.

Bedeuten $z_{11}, z_{12}, \ldots z_{n,n-1}, z_{nn}$ reelle Variabeln und $\zeta_{11}, \zeta_{12}, \ldots \zeta_{n,n-1}, \zeta_{nn}$ solche Werthe derselben, die den $\frac{1}{2}n(n+1)$ Bedingungsgleichungen genügen:

$$\sum_{i=1}^{i=n} \zeta_{gi}\zeta_{hi} = \delta_{gh} \qquad (g, h = 1, 2, \ldots n;\ g \leqq h), \tag{59}$$

so bilden die Systeme (ζ_{ik}) eine aus der gesammten n^2 fachen Mannigfaltigkeit der Systeme (z_{ik}) ausgesonderte $\frac{1}{2}n(n-1)$ fache Mannigfaltigkeit, welche aus den sämmtlichen orthogonalen Systemen mit n^2 reellen Elementen besteht. Diese $\frac{1}{2}n(n-1)$ fache Mannigfaltigkeit hat zwei getrennte Theile, von denen der eine die orthogonalen Systeme mit der Determinante $+1$, der andere diejenigen mit der Determinante -1 enthält. Bezeichnet man die einen mit $(\zeta_{ik}^{(+)})$, die anderen mit $(\zeta_{ik}^{(-)})$, so sind die charakteristischen Bedingungsgleichungen:

$$\sum_i \zeta_{gi}^{(+)}\zeta_{hi}^{(+)} = \delta_{gh}, \quad |\zeta_{ik}^{(+)}| = 1 \qquad (g, h, i, k = 1, 2, \ldots n),$$

$$\sum_i \zeta_{gi}^{(-)}\zeta_{hi}^{(-)} = \delta_{gh}, \quad |\zeta_{ik}^{(-)}| = -1 \qquad (g, h, i, k = 1, 2, \ldots n).$$

Nun entstehen sämmtliche Systeme $(\zeta_{ik}^{(-)})$ aus den Systemen $(\zeta_{ik}^{(+)})$ durch die Substitution:

$$\zeta_{1k}^{(-)} = -\zeta_{1k}^{(+)} \qquad (k = 1, 2, \ldots n),$$

und es können daher auf diese Weise die beiden $\frac{1}{2}n(n-1)$ fachen Mannigfaltigkeiten orthogonaler Systeme:

$$(\zeta_{ik}^{(+)}),\ (\zeta_{ik}^{(-)})$$

auf einander eindeutig bezogen werden.

Aus den Gleichungen:

$$\sum_h (\zeta_{hi} + \delta_{hi}z)\zeta_{hk} = \delta_{ik} + \zeta_{ik}z \qquad (h, i, k = 1, 2, \ldots n)$$

folgt die Determinantenrelation:

$$|\zeta_{ik} + \delta_{ik}z|\,|\zeta_{ik}| = |\delta_{ik} + \zeta_{ik}z| \qquad (i, k\ 1, 2 \ldots n).$$

Nimmt man hierin für (ζ_{ik}) ein System mit der Determinante -1 und setzt dann $z = 1$, so resultirt die Gleichung:

$$|\zeta_{ik}^{(-)} + \delta_{ik}| = 0 \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n).$$

Die $\frac{1}{2}n(n-1)$ fache Mannigfaltigkeit $(\zeta_{ik}^{(-)})$ besteht also aus lauter orthogonalen Systemen, welche sich der am Schluss des art. V entwickelten Cayley'schen Darstellung entziehen. Aber von orthogonalen Systemen $(\zeta_{ik}^{(+)})$ giebt es, wie nun gezeigt werden soll, keine $\frac{1}{2}n(n-1)$ fache Mannigfaltigkeit, für welche die Bedingung:

$$|\zeta_{ik}^{(+)} + \delta_{ik}| = 0 \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

erfüllt wäre.

Gäbe es nämlich eine solche $\frac{1}{2}n(n-1)$ fache Mannigfaltigkeit, so müssten $\frac{1}{2}n(n-1)$ von den Grössen $\zeta_{ik}^{(+)}$ beliebig bestimmt und dabei die Gleichungen:

$$\sum_i \zeta_{gi}^{(+)}\zeta_{hi}^{(+)} = \delta_{gh}, \quad |\zeta_{ik}^{(+)}| = 1, \quad |\zeta_{ik}^{(+)} + \delta_{ik}| = 0 \qquad (g, h, i, k = 1, 2, \ldots n)$$

durch reelle oder complexe, endliche oder unendliche Werthe der übrigen Grössen $\zeta_{ik}^{(+)}$ befriedigt werden können. Es müsste also, wenn:

$$\zeta_{ik}^{(+)} = \frac{z_{ik}}{z} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

gesetzt wird, bei beliebiger Annahme von $\frac{1}{2}n(n-1)$ Grössen z_{ik}, den homogenen Gleichungen:

$$(60) \quad \sum_i z_{gi}z_{hi} = \delta_{gh}z^2, \quad |z_{ik}| = z^n, \quad |z_{ik} + \delta_{ik}z| = 0 \qquad (g, h, i, k = 1, 2, \ldots n)$$

so genügt werden können, dass eine der n^2+1 Variabeln z unbestimmt bleibt. Wählt man nun für die $\frac{1}{2}n(n-1)$ Grössen z_{ik}, bei welchen jeder der beiden Indices kleiner als n und der erste nicht kleiner als der zweite ist, die Werthe:

$$z_{hh} = z, \quad z_{ik} = 0 \qquad (h, i, k = 1, 2, \ldots n-1;\ i > k),$$

so bestimmen sich die Werthe der übrigen Grössen z_{ik} mittels der Gleichungen:

$$\sum_i z_{gi}z_{hi} = \delta_{gh}z^2 \qquad (g, h, i = 1, 2, \ldots n)$$

in folgender Weise:

$$z_{ik} = 0\,,\quad z_{hn} = 0\,,\quad z_{nh} = 0 \qquad (h, i, k = 1, 2, \ldots n-1; i < k)$$
$$z_{nn} = \pm z.$$

Da ferner durch die Bedingung:

$$|z_{ik}| = z^n \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

der Werth $z_{nn} = -z$ ausgeschlossen wird, so ergeben sich auf Grund der gemachten Annahme und der ersten beiden von den Gleichungen (60) für die n^2 Grössen z_{ik} die Werthe:

$$z_{ik} = \delta_{ik} z \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

und die letzte von den Gleichungen (60) erfordert alsdann, dass $z = 0$ wird. Bei der obigen Bestimmungsweise von $\frac{1}{2} n(n-1)$ Grössen z_{ik} kann also den Gleichungen (60) nicht anders als durch Nullwerthe sämmtlicher $n^2 + 1$ Grössen z genügt werden, und es ist somit der Nachweis geführt, dass es keine $\frac{1}{2} n(n-1)$fache Mannigfaltigkeit von Grössen $\zeta_{ik}^{(+)}$ giebt, für welche die Determinante:

$$|\zeta_{ik}^{(+)} + \delta_{ik}| \qquad (i, k = 1, 2 \ldots n)$$

gleich Null ist.

Da diejenigen Systeme der $\frac{1}{2} n(n-1)$fachen Mannigfaltigkeit $(\zeta_{ik}^{(+)})$, für welche die Determinante:

$$|\zeta_{ik}^{(+)} + \delta_{ik}| \qquad (i, k = 1, 2 \ldots n)$$

gleich Null ist, nur eine besondere, minder ausgedehnte Mannigfaltigkeit bilden, so lassen sich die sämmtlichen Systeme der $\frac{1}{2} n(n-1)$fachen Mannigfaltigkeit $(\zeta_{ik}^{(+)})$, abgesehen von einer darauf befindlichen besonderen Mannigfaltigkeit geringerer Ausdehnung, in der CAYLEY'schen Form darstellen. Bezeichnet man demnach mit τ_{ik} für solche Werthe der Indices, bei denen $1 \leqq i < k \leqq n$ ist, $\frac{1}{2} n(n-1)$ reelle unabhängige Variable und setzt für alle diese Werthe von i und k:

$$\tau_{ki} = -\tau_{ik}$$

und überdies:

$$\tau_{11} = \tau_{22} = \ldots = \tau_{nn} = 0\,,$$

so werden, gemäss der oben entwickelten CAYLEY'schen Darstellung orthogonaler Systeme, die beiden $\frac{1}{2} n(n-1)$fachen Mannigfaltigkeiten $(\zeta_{ik}^{(+)})$ und (τ_{ik}) auf einander eindeutig bezogen, indem man je zwei Systeme $(\zeta_{ik}^{(+)})$, (τ_{ik}) als einander entsprechend auffasst, für welche die Systeme:

$$(\zeta_{ik}^{(+)} + \delta_{ik})\,,\quad (\tfrac{1}{2}\tau_{ik} + \tfrac{1}{2}\delta_{ik}) \qquad (i, k = 1, 2 \ldots n)$$

zu einander reciprok sind.

Die Systeme (τ_{ik}) bilden eine ebene $\frac{1}{2}n(n-1)$fache **Mannigfaltigkeit**; die darauf eindeutig bezogene Mannigfaltigkeit der Systeme $(\zeta_{ik}^{(+)})$ ist daher irreductibel, und da die Systeme $(\zeta_{ik}^{(-)})$ und $(\zeta_{ik}^{(+)})$ einander eindeutig zugeordnet sind, so ergiebt sich als Resultat der vorstehenden Entwickelung,

> dass die gesammte Mannigfaltigkeit der orthogonalen Systeme (ζ_{ik}) aus zwei irreductibeln $\frac{1}{2}n(n-1)$fachen Mannigfaltigkeiten besteht, von denen die eine die orthogonalen Systeme mit der Determinante $+1$, die andere diejenigen mit der Determinante -1 enthält.

Dem Nullpunkt der $\frac{1}{2}n(n-1)$fachen Mannigfaltigkeit τ_{ik}, d. h. dem Systeme:

$$\tau_{ik} = 0 \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

entspricht in der Mannigfaltigkeit $(\zeta_{ik}^{(+)})$ der Punkt:

$$\zeta_{ik}^{(+)} = \delta_{ik} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

also das Einheitssystem $(\zeta_{ik}^{(+)})$. Für solche Punkte der Mannigfaltigkeit $(\zeta_{ik}^{(+)})$, für welche die Determinante des Systems $(\zeta_{ik}^{(+)} + \delta_{ik})$ gleich Null ist, giebt es in der ebenen Mannigfaltigkeit (τ_{ik}) keine entsprechenden Punkte in endlicher Entfernung vom Nullpunkte, d. h. keine solchen, für welche jede der $\frac{1}{2}n(n-1)$ Grössen τ_{ik} und also die Quadratsumme:

$$\sum_{i,k} \tau_{ik}^2 \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

einen endlichen Werth hätte. Bezeichnet man diese Quadratsumme mit ρ^2 und setzt:

$$\tau_{ik} = \rho\, \bar{\tau}_{ik} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n; \rho > 0),$$

so erfüllen die Systeme $(\bar{\tau}_{ik})$, da die Summe der n^2 Grössen $\bar{\tau}_{ik}$ gleich Eins ist, eine »einheitssphaerische« Mannigfaltigkeit.

Nach diesen Vorbemerkungen kann das im art. VII erlangte Resultat folgendermaassen formulirt werden:

> Wenn n ungerade ist, nähert sich die der gesammten sphärischen $(\frac{1}{2}n(n-1)-1)$fachen Mannigfaltigkeit $(\rho\bar{\tau}_{ik})$ entsprechende Punktmannigfaltigkeit $(\zeta_{ik}^{(+)})$ mit wachsendem ρ derjenigen, welche von den orthogonalen **symmetrischen** Systemen $(\zeta_{ik}^{(+)})$ gebildet wird; wenn aber n gerade ist, so tritt dies nur für diejenige Punktmannigfaltigkeit $(\zeta_{ik}^{(+)})$ ein, welche der besonderen durch die Bedingung:
>
> $$|\bar{\tau}_{ik}| = 0 \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$
>
> charakterisirten $(\frac{1}{2}n(n-1)-2)$fachen Mannigfaltigkeit $(\rho\bar{\tau}_{ik})$ entspricht.

Es ist also für **ungerade** Zahlen n die unendliche sphaerische $\left(\frac{1}{2}n(n-1)-1\right)$ fache Mannigfaltigkeit (τ_{ik}), für **gerade** Zahlen n die unendliche sphaerische $\left(\frac{1}{2}n(n-1)-2\right)$ fache Mannigfaltigkeit (τ_{ik}) mit verschwindender Determinante, welche der Mannigfaltigkeit der orthogonalen **symmetrischen** Systeme $(\zeta_{ik}^{(+)})$ entspricht. Aber da die Mannigfaltigkeit der letzteren, wie schon Hr. LIPSCHITZ gezeigt hat,[1] eine geringere ist, so treten sie bei der angegebenen Beziehung zur Mannigfaltigkeit (τ_{ik}) mehrfach auf.

IX.

Nunmehr sollen, gemäss der Ankündigung im Eingang des art. V, die Eigenschaften des aus den $\frac{1}{2}n(n+1)$ Elementen:

$$\delta_{gh} - \sum_{i=1}^{i=n} w_{gi}w_{hi} \qquad (g, h = 1, 2, \ldots n;\; g \leqq h)$$

bestehenden **Modulsystems** untersucht werden, weil dadurch eine vollständigere Einsicht gewonnen wird als durch die Untersuchung des für orthogonale Systeme (ζ_{ik}) charakteristischen **Gleichungssystems**:

$$\delta_{gh} - \sum_{i=1}^{i=n} \zeta_{gi}\zeta_{hi} = 0 \qquad (g, h = 1, 2, \ldots n;\; g \leqq h).$$

Denn es können überhaupt zwischen zwei Systemen ganzer Grössen eines natürlichen Rationalitätsbereichs $(\mathfrak{R}', \mathfrak{R}'', \ldots)$:

$$(\mathfrak{M}', \mathfrak{M}'', \mathfrak{M}''', \ldots),\ (M', M'', M''', \ldots)$$

Relationen ganz verschiedener Art bestehen, welche die unbedingte Aequivalenz der beiden Gleichungssysteme:

$$(\mathfrak{M}'=0,\ \mathfrak{M}''=0,\ \mathfrak{M}'''=0, \ldots),\ (M'=0,\ M''=0,\ M'''=0, \ldots)$$

begründen; die Untersuchung der zwischen zwei Modulsystemen:

$$(\mathfrak{M}', \mathfrak{M}'', \mathfrak{M}''', \ldots),\ (M', M'', M''', \ldots)$$

obwaltenden Beziehungen führt daher zu einer vollständigeren Erkenntniss, als die Erforschung der gegenseitigen Abhängigkeit der beiden Gleichungssysteme:

$$(\mathfrak{M}'=0,\ \mathfrak{M}''=0,\ \mathfrak{M}'''=0, \ldots),\ (M'=0,\ M''=0,\ M'''=0, \ldots)$$

gewähren kann.

Im Sinne der Congruenz für das aus $\frac{1}{2}n(n+1)$ Elementen bestehende Modulsystem:

[1] Vergl. den Schluss des art. II.

$$(61)\qquad \sum_{i=1}^{i=n} w_{gi} w_{hi} - \delta_{gh} \qquad (g,h=1,2,\ldots n;\ g\leqq h)$$

ist das System der n^2 unbestimmten Variabeln:

$$w_{ik} \qquad (i,k=1,2,\ldots n)$$

ein »orthogonales«. Dieses Modulsystem (61) ist ein reines Modulsystem der durch die Anzahl seiner Elemente bezeichneten Stufe. Denn wenn es irgend ein Primmodulsystem einer geringeren $(\frac{1}{2}n(n+1)-\nu)$ten Stufe enthielte, so müsste den $\frac{1}{2}n(n+1)$ Gleichungen:

$$\sum_{i=1}^{i=n} w_{gi} w_{hi} = \delta_{gh} w^2 \qquad (g,h=1,2,\ldots n;\ g\leqq h)$$

durch eine $(\frac{1}{2}n(n-1)+\nu+1)$fache Mannigfaltigkeit von Werthen der n^2+1 Variabeln w, also bei beliebiger Wahl von $\frac{1}{2}n(n-1)$ derselben, noch durch eine $(\nu+1)$fache Mannigfaltigkeit genügt werden können, während doch, wie im vorhergehenden Abschnitt gezeigt worden ist, bei Festsetzung der $\frac{1}{2}n(n-1)$ Bestimmungsgleichungen:

$$w_{kk} = w,\quad w_{ik} = 0 \qquad (h,i,k=1,2,\ldots n-1;\ i>k),$$

sich die Werthe der übrigen Variabeln w in folgender Weise bestimmen:

$$w_{nn} = \pm w,\quad w_{hn} = 0,\quad w_{nh} = 0,\quad w_{ik} = 0 \qquad (h,i,k=1,2,\ldots n-1;\ i<k).$$

Es bleibt also nur eine einfache Mannigfaltigkeit der n^2+1 Grössen w, und es ist somit, wie gezeigt werden sollte, in der That $\nu = 0$.

Das Modulsystem:

$$(61)\qquad \sum_{i=1}^{i=n} w_{gi} w_{hi} - \delta_{gh} \qquad (g,h=1,2,\ldots n;\ g\leqq h)$$

ist dem Modulsysteme:

$$(62)\qquad \sum_{i=1}^{i=n} w_{ig} w_{ih} - \delta_{gh} \qquad (g,h=1,2,\ldots n;\ g\leqq h)$$

vollkommen aequivalent. Denn, setzt man zur Abkürzung:

$$(63)\qquad \sum_{i=1}^{i=n} w_{gi} w_{hi} - \delta_{gh} = \phi_{gh},\quad \sum_{i=1}^{i=n} w_{ig} w_{ih} - \delta_{gh} = \bar{\phi}_{gh} \qquad (g,h=1,2,\ldots n;\ g\leqq h),$$

so bestehen, gemäss den Formeln (39) im art. V, die Relationen:

$$\phi_{gh} = \sum_{i,k} w_{hk} w'_{ig} \bar{\phi}_{ik},\quad \bar{\phi}_{gh} = \sum_{i,k} w_{kh} w'_{gi} \phi_{ik} \qquad (g,h,i,k=1,2,\ldots n).$$

Da nun das Product jedes Elements des zu (w_{ik}) reciproken Systems (w'_{ik}) mit der Determinante W des Systems (w_{ik}) eine ganze Grösse des Bereichs der n^2 Grössen w_{ik} ist, so erhält man durch Multiplication mit W die Congruenzen:

$$(64)\qquad W\phi_{gh} \equiv 0 \,(\text{modd. } \bar{\phi}_{ik}),\quad W\bar{\phi}_{gh} \equiv 0 \,(\text{modd. } \phi_{ik}) \qquad (g,h,i,k=1,2,\ldots n).$$

Aus den Congruenzen

$$\sum_{i=1}^{i=n} w_{gi} w_{hi} \equiv \delta_{gh} \,(\text{modd. } \phi_{ik}), \quad \sum_{i=1}^{i=n} w_{ig} w_{ih} \equiv \delta_{gh} \,(\text{modd. } \bar{\phi}_{ik}),$$
$$(g, h, i, k = 1, 2, \ldots n)$$

folgt aber, dass für beide Modulsysteme (ϕ_{ik}) und $(\bar{\phi}_{ik})$ die Congruenz:

$$W^2 \equiv 1$$

stattfindet, und man gelangt daher, wenn man die Congruenzen (64) mit W multiplicirt, zu den beiden Congruenzen:

$$\phi_{gh} \equiv 0 \,(\text{modd. } \bar{\phi}_{ik}), \quad \bar{\phi}_{gh} \equiv 0 \,(\text{modd. } \phi_{ik}) \qquad (g, h, i, k = 1, 2, \ldots n),$$

durch welche die nachzuweisende Aequivalenz der beiden Modulsysteme (61) und (62) begründet wird.

Da für das Modulsystem (61) die Congruenz $W^2 \equiv 1$ besteht, so muss für jedes darin enthaltene Primmodulsystem die Determinante W entweder congruent $+1$ oder congruent -1 sein. Jedes in dem Modulsystem (61) enthaltene Primmodulsystem muss daher in dem einen oder dem andern der beiden Modulsysteme:

$$(65) \quad \left(\sum_{i=1}^{i=n} w_{gi} w_{hi} - \delta_{gh},\; W - 1\right), \quad \left(\sum_{i=1}^{i=n} w_{gi} w_{hi} - \delta_{gh},\; W + 1\right) \qquad (g, h = 1, 2, \ldots n)$$

enthalten sein. Diese beiden Modulsysteme sind aber selbst prim; denn, wenn eines derselben ein Modulsystem $\frac{1}{2}n(n+1)$ter Stufe:

$$(M', M'', M''', \ldots .)$$

enthielte, so würde die durch die Gleichungen $M' = 0$, $M'' = 0$, $M''' = 0, \ldots$ repraesentirte $\frac{1}{2}n(n-1)$fache Mannigfaltigkeit einen Theil derjenigen bilden, welche durch die Gleichungen:

$$\sum_{i=1}^{i=n} w_{gi} w_{hi} = \delta_{gh}, \quad W = \varepsilon \qquad (g, h = 1, 2, \ldots n;\; g \leqq h)$$

für $\varepsilon = +1$ oder für $\varepsilon = -1$ dargestellt wird. Es ist aber im vorhergehenden Abschnitte nachgewiesen worden, dass diese Mannigfaltigkeiten irreductibel sind, und es zeigt sich also,

> dass das Modulsystem (61), sowie das damit vollkommen aequivalente Modulsystem (62) keine anderen Primmodulsysteme enthält als die beiden, welche oben mit (65) bezeichnet worden sind.

Dabei möge noch hervorgehoben werden, dass das Modulsystem, welches aus der Composition der beiden Modulsysteme (65) entsteht, in folgendem enthalten ist:

$$\left(2 \sum_{i=1}^{i=n} w_{gi} w_{hi} - 2\delta_{gh}\right) \qquad (g, h = 1, 2, \ldots n),$$

da bei der bezeichneten Composition die Elemente:

$$\sum_{i=1}^{i=n} w_{gi} w_{hi} - \delta_{gh} \qquad (g, h = 1, 2, \dots n)$$

sowohl mit $W+1$ als auch mit $W-1$ multiplicirt vorkommen und also die Differenz von je zwei solchen Producten dem aus der Composition entstehenden Modulsystem als Element hinzugefügt werden kann.

X.

Die Aequivalenzeigenschaft, welche im vorhergehenden Abschnitte für die beiden Modulsysteme (61) und (62) dargelegt worden ist kommt auch den allgemeineren Modulsystemen zu:

$$(67) \qquad \sum_i u_{gi} v_{ih} - \delta_{gh}$$

$$(68) \qquad \sum_i v_{gi} u_{ih} - \delta_{gh} \qquad (g, h, i = 1, 2, \dots n),$$

in welchen die Grössen:

$$u_{ik}, \; v_{ik} \qquad (i, k = 1, 2, \dots n)$$

je n^2 unbestimmte Variable bedeuten.

Um dies nachzuweisen, setze ich zur Abkürzung:

$$M_{gh} = \sum_i u_{gi} v_{ih} - \delta_{gh}, \; \overline{M}_{gh} = \sum_i v_{gi} u_{ih} - \delta_{gh} \qquad (g, h, i = 1, 2, \dots n)$$

$$|u_{ik}| = U, \; |v_{ik}| = V \qquad (i, k = 1, 2, \dots n).$$

Alsdann bestehen die Relationen:

$$\sum_{g,h} u_{hk} \frac{\partial U}{\partial u_{gi}} M_{gh} = U\overline{M}_{ik}$$

$$\sum_{g,h} v_{hk} \frac{\partial V}{\partial v_{gi}} \overline{M}_{gh} = VM_{ik} \qquad (g, h, i, k = 1, 2, \dots n),$$

und also die Congruenzen:

$$(69) \quad UM_{ik} \equiv 0 \; (\text{modd. } M_{ik}), \; VM_{ik} \equiv 0 \; (\text{modd. } \overline{M}_{ik}) \qquad (i, k = 1, 2, \dots n).$$

Ferner ergeben sich unmittelbar aus den Definitionen von M_{gh} und $\overline{M}_{gh}$ die Congruenzen:

$$(70) \quad \sum_i u_{gi} v_{ih} \equiv \delta_{gh} \; (\text{modd. } M_{ik}), \; \sum_i v_{gi} u_{ih} \equiv \delta_{gh} \; (\text{modd. } \overline{M}_{ik}),$$

$$(g, h, i, k = 1, 2 \dots n)$$

und hieraus folgt, dass für jedes der beiden Modulsysteme (M_{ik}) und $(\overline{M}_{ik})$ die Congruenz:

$$UV \equiv 1$$

stattfindet. Multiplicirt man nun die erstere der beiden Congruenzen (69) mit V, die letztere mit U, so resultiren die beiden Congruenzen:

$$\overline{M}_{ik} \equiv 0 \,(\text{modd. } M_{ik}), \quad M_{ik} \equiv 0 \,(\text{modd. } \overline{M}_{ik}) \qquad (i, k = 1, 2, \dots n),$$

durch welche die nachzuweisende Aequivalenz der beiden oben mit (67) und (68) bezeichneten Modulsysteme (M_{ik}) und $(\overline{M}_{ik})$ begründet wird.

Die ersteren der beiden Congruenzen (70) definiren das System (v_{ik}) als »das zu (u_{ik}), im Sinne der Congruenz für das Modulsystem (M_{ik}), reciproke«; ebenso definiren die letzteren der beiden Congruenzen (70) das System (u_{ik}) als »das zu (v_{ik}), im Sinne der Congruenz für das Modulsystem $(\overline{M}_{ik})$, reciproke«. Da sich nun die beiden Modulsysteme (M_{ik}) und $(\overline{M}_{ik})$ als einander vollkommen aequivalent erwiesen haben, so erweisen sich auch die beiden Definitionen als aequivalent. Der ebenso einfache als wichtige Satz,

> dass das reciproke eines reciproken Systems das ursprüngliche System ist,

behält daher im Sinne der Congruenz für jedes beliebige Modulsystem seine Gültigkeit. Denn wenn die n^2 Congruenzen:

$$\sum_i u_{gi} v_{ih} \equiv \delta_{gh} \quad \text{oder also} \quad M_{gh} \equiv 0 \qquad (g, h, i = 1, 2, \dots n)$$

für irgend ein Modulsystem $(\mathfrak{M}', \mathfrak{M}'', \dots)$ des Rationalitätsbereichs $(\mathfrak{R}', \mathfrak{R}'', \dots)$ bestehen, sobald für u_{ik}, v_{ik} gewisse ganze Grössen $\mathfrak{U}_{ik}$, $\mathfrak{V}_{ik}$ desselben Bereichs gesetzt werden, d. h. also, wenn das System $(\mathfrak{V}_{ik})$, im Sinne der Congruenz modd. $\mathfrak{M}', \mathfrak{M}'', \dots$, zu $(\mathfrak{U}_{ik})$ reciprok ist, so ist das Modulsystem $(\mathfrak{M}', \mathfrak{M}'', \dots)$ in dem Modulsystem (M_{ik}) und also auch in dem aequivalenten Modulsystem $(\overline{M}_{ik})$ enthalten, d. h. es bestehen auch die n^2 Congruenzen:

$$\overline{M}_{gh} \equiv 0 \quad \text{oder} \quad \sum_i v_{gi} u_{ih} \equiv \delta_{gh} \;(\text{modd. } \mathfrak{M}', \mathfrak{M}'', \dots) \qquad (g, h, i = 1, 2, \dots n),$$

sobald darin $\mathfrak{V}_{gi}$ für v_{gi} und $\mathfrak{U}_{ih}$ für u_{ih} substituirt wird, und es ist daher auch, im Sinne der Congruenz modd. $\mathfrak{M}', \mathfrak{M}'', \dots$, das System $(\mathfrak{U}_{ik})$ reciprok zu $(\mathfrak{V}_{ik})$.

Für die Doppelsumme:

$$\sum_{h,i} v_{gi} u_{ih} (V U_{hk} - v_{hk}) \qquad (g, h, i, k = 1, 2, \dots n)$$

erhält man, je nachdem man zuerst nach h und dann nach i oder in entgegengesetzter Folge summirt, die beiden Ausdrücke:

$$v_{gk}(UV-1) - \sum_i v_{gi} M_{ik}, \quad VU_{gk} - v_{gk} + \sum_h (VU_{hk} - u_{hk}) M_{gh}.$$
$$(g, h, i, k = 1, 2, \dots n)$$

Hieraus erschliesst man, da $UV \equiv 1$ (modd. M_{ik}) ist, die Congruenzen:

$$v_{ik} - VU_{ik} \equiv 0 \text{ (modd. } M_{gh}) \text{ oder } \left(\text{modd. } \sum_{i=1}^{i=n} u_{gi} v_{ih} - \delta_{gh}\right).$$
$$(g, h, i, k = 1, 2, \ldots n)$$

Andererseits resultiren aus den Gleichungen:

$$\sum_{i=1}^{i=n} u_{gi} v_{ih} - \delta_{gh} = (UV-1)\delta_{gh} + \sum_{i=1}^{i=n} u_{gi}(v_{ih} - VU_{ih}) \qquad (g, h = 1, 2, \ldots n)$$

die Congruenzen:

$$\sum_{i=1}^{i=n} u_{gi} v_{ih} - \delta_{gh} \equiv 0 \text{ (modd. } UV-1, \ v_{ik} - VU_{ik}) \qquad (g, h, i, k = 1, 2, \ldots n).$$

Es besteht daher die Aequivalenz:

$$(71) \qquad \left(\sum_{i=1}^{i=n} u_{gi} v_{ih} - \delta_{gh}\right) \sim (UV-1, \ v_{gh} - VU_{gh}) \qquad (g, h = 1, 2, \ldots n),$$

welche bei Vertauschung der Grössen u und v in folgende übergeht:

$$(72) \qquad \left(\sum_{i=1}^{i=n} v_{gi} u_{ih} - \delta_{gh}\right) \sim (UV-1, \ u_{gh} - UV_{gh}) \qquad (g, h = 1, 2, \ldots n).$$

Da nun, wie oben gezeigt worden ist, die beiden ersteren Modulsysteme in den Aequivalenzen (71) und (72) einander aequivalent sind, so sind auch die beiden Modulsysteme:

$$(UV-1, \ u_{gh} - UV_{gh}), \ (UV-1, \ v_{gh} - VU_{gh}) \qquad (g, h = 1, 2, \ldots n)$$

einander aequivalent.

XI.

Setzt man:

$$u_{ik} = w_{ik} + \delta_{ik}, \ |u_{ik}| = U \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

so gehen die obigen Gleichungen (63), sowie die im art. V angegebenen Formeln (34) für $u = 1$, in folgende über:

$$\phi_{ik} = \sum_{h=1}^{h=n} u_{ih} u_{kh} - u_{ik} - u_{ki} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

und das System $(u_{ik} - \delta_{ik})$ ist für das Modulsystem (ϕ_{ik}) sowie für das aequivalente System $(\bar{\phi}_{ik})$ ein orthogonales.

Setzt man ferner:

$$\psi_{ik} = \delta_{ik} - v_{ik} - v_{ki} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

so hat man, entsprechend den Relationen (37) im art. V, die Congruenzen:

$$\phi_{gh} \equiv \sum_{i,k} u_{gi} u_{hk} \psi_{ik}, \quad \psi_{gh} \equiv \sum_{i,k} v_{gi} v_{hk} \phi_{ik} \qquad (g, h, i, k = 1, 2, \ldots n)$$

für das im vorhergehenden Abschnitte mit (M_{gh}) bezeichnete, aus den n^2 Elementen:

$$\sum_{i=1}^{i=n} u_{gi} v_{ih} - \delta_{gh} \qquad (g, h = 1, 2, \ldots n)$$

bestehende Modulsystem. Es ist daher:

$$\phi_{ik} \equiv 0 \ (\text{modd.}\, \psi_{ik}, M_{ik}), \ \psi_{ik} \equiv 0 \ (\text{modd.}\, \phi_{ik}, M_{ik}) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

d. h. die beiden aus je $2n^2$ Elementen bestehenden Modulsysteme:

$$(\phi_{ik}, M_{ik}), \ (\psi_{ik}, M_{ik}) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

sind einander vollkommen aequivalent. Indem man nun für die Elemente $\phi_{ik}, \psi_{ik}, M_{ik}$ ihre Werthe substituirt, erhält man die fundamentale Aequivalenz:

$$(73) \quad \left(\sum_{h=1}^{h=n} u_{ih} u_{kh} - u_{ik} - u_{ki}, \ \sum_{h=1}^{h=n} u_{ih} v_{hk} - \delta_{ik}\right) \sim \left(\delta_{ik} - v_{ik} - v_{ki}, \ \sum_{h=1}^{h=n} u_{ih} v_{hk} - \delta_{ik}\right)$$
$$(i, k = 1, 2, \ldots n)$$

und also unter Benutzung der im vorhergehenden Abschnitte hergeleiteten Aequivalenzen (71), (72) noch die beiden folgenden:

$$(74) \quad \left(\sum_{h=1}^{h=n} u_{ih} u_{kh} - u_{ik} - u_{ki}, \ v_{ik} - VU_{ik}\right) \sim (\delta_{ik} - v_{ik} - v_{ki}, \ v_{ik} - VU_{ik}, \ UV - 1),$$

$$(75) \quad \left(\sum_{h=1}^{h=n} u_{ih} u_{kh} - u_{ik} - u_{ki}, \ u_{ik} - UV_{ik}\right) \sim (\delta_{ik} - v_{ik} - v_{ki}, \ u_{ik} - UV_{ik}, \ UV - 1),$$
$$(i, k = 1, 2, \ldots n)$$

welche die Ausdehnung der CAYLEY'schen Darstellungsweise orthogonaler Systeme auf solche Systeme enthalten, denen die Eigenschaft der Orthogonalität nur für ein gewisses Modulsystem zukommt.

Um dies näher darzulegen, seien:

$$\mathfrak{u}_{ik} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

solche ganze Grössen eines natürlichen Rationalitätsbereichs $(\mathfrak{R}', \mathfrak{R}'' \ldots)$, dass das System:

$$(\mathfrak{u}_{ik} - \delta_{ik}) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

im Sinne der Congruenz für ein demselben Bereich $(\mathfrak{R}', \mathfrak{R}'', \ldots)$ angehöriges Modulsystem $(\mathfrak{M}', \mathfrak{M}'', \ldots)$, ein »orthogonales« wird. Die hierfür charakteristischen Congruenzen sind sowohl:

$$(76) \quad \sum_{h=1}^{h=n} \mathfrak{u}_{ih} \mathfrak{u}_{kh} - \mathfrak{u}_{ik} - \mathfrak{u}_{ki} \equiv 0 \ (\text{modd.}\, \mathfrak{M}', \mathfrak{M}'', \ldots) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots$$

eine auffallend bedeutende Quantität Eisen aufzuspeichern pflegt, dass also ausser dem Eisen der Blutkörperchen hier meist noch ein wesentlicher Überschuss vorliegt, über dessen Bedeutung, Verbleib und fernere Verwerthung, besonders unter geänderten Lebensbedingungen, man sehr zweifelhaft sein konnte. Hingegen hatten sich die peripherischen Körpertheile, d. h. besonders Haut- und Muskelsystem, bei den bisher untersuchten, der natürlichen Fundstätte direct entnommenen Exemplaren als ziemlich eisenfrei ergeben.[1]

Diese Thatsachen, zusammengehalten, legten mir den Gedanken nahe, dass jene Hautdunkelungen mit der Ablagerung oder Ausscheidung von Eisenverbindungen in directem oder indirectem Zusammenhange stehen möchten. Schon die zunächst nur behufs oberflächlicher Prüfung an den verschiedensten Körpertheilen vorgenommenen Untersuchungen sollten diese Vermuthung bestätigen. Bei probeweiser Behandlung einzelner grösserer Stücke und Körperabschnitte mit Ferrocyankalium und Salzsäure erfolgte nicht nur sofort eine meist intensive Bläuung der ganzen Hautschichten, welche sich noch ein gut Stück in die tieferen Lagen hinein erstreckte, sondern es traten auch ganz besonders die vorher bräunlichen Hautdrüsen als tiefblaue Punkte hervor. Die lichtorangefarben erscheinenden Rumpfmuskelschichten, besonders die nach innen zu gelagerten, behielten ihre Naturfarbe bei, während die vorher farblosen Bindegewebshäute der inneren Rumpfhöhle, des Gaumens u. s. w. sich ebenfalls lebhaft bläuten.

Die feinere histologische Untersuchung nun, welcher eine grosse Zahl von Dünnschnitten durch alle wichtigeren Organ- und Gewebetheile zugrunde gelegt wurde, ergab zunächst auch an diesem Exemplare eine Reihe von Bestätigungen der schon vorher von mir beobachteten Verhältnisse. So war auch hier wieder jene für den Proteus so charakteristische Eisenresorption im ganzen Skelettsysteme zu verfolgen, insbesondere in der eigentlichen faserigen Knochengrundsubstanz, sehr stark auch wieder in den Zähnen unter kräftigster Anhäufung in den Spitzen derselben (Fig. 9), wobei aber gerade an diesen Organen deutlich zu erkennen war, dass der ursprüngliche Sitz der Resorption ein tieferer ist und dieselbe schon vorher den papillaren Anlagen zukommt,[2] von da aus sich dann

[1] Dass speciell den Hautdrüsen jener ihrem natürlichen Aufenthaltsorte direct entstammenden Thiere die Eisenresorption fehlte, habe ich besonders hervorgehoben. A. a. O. S. 51.

[2] Ich habe inzwischen diese Erscheinung als für alle Amphibien und Fische gesetzmässig nachgewiesen, als im offenbaren Zusammenhange stehend mit dem Wasseraufenthalte dieser Thiere. Vergl. Humboldt, Bd. VIII, Heft 9, Verbreitung und

während der weiteren Entwickelung besonders den Zahnkronen mittheilend. Wenn irgend etwas, so scheint mir diese Thatsache dafür zu sprechen, dass dem Eisen an gewissen Theilen des Thierkörpers die Function eines irgendwie schützenden oder festigenden Momentes zufällt. Während also die wirklich ossificirten Partieen überall eisenhaltig waren (Figg. 8 und 9), zeigten hingegen die inneren knorpeligen Lagen nur geringe Spuren davon, und konnte ich besonders jene scharfe Eisenresorption in den Kernen der Hyalinknorpelzellen hier nicht nachweisen.[1] Die ganze Ablagerung macht also, im Gegensatze zu den früher untersuchten Exemplaren, soweit zunächst das Skelet in Frage kam, den Eindruck einer mehr in die peripherischen Lagen concentrirten.

Die Leber, welche ich ja allgemein als ein hervorragendes Centralspeicherorgan für das im Körper assimilirte und weiter zu verwerthende Eisen nachgewiesen habe, zeigte auch hier kräftige Ablagerungen, welche in gleichförmiger Vertheilung der gesammten bindegewebigen Grundlage des Organes zukamen, aber sich auch wieder ganz besonders in jenen dunkelfarbigen Massen concentrirten, die keineswegs, wie Leydig meint, blosse Pigmenthaufen sind, sondern sich zu einem grossen Theile aus eisenoxydreichen Bestandtheilen zusammensetzen.[2] In den Kernen und Plasmen der secernirenden Zellen hingegen waren keine bemerkenswerthen Resorptionen vorhanden. In der Milz waren es ebenfalls wesentlich die bindegewebigen Theile, die Trabekeln, das feinere netzartige Fachwerk und theilweise die Malpighischen Körper, welche Eisengehalt zeigten. Die Resorptionen in den verschiedenen Partien des Tractus waren — im Vergleiche mit den früher beobachteten und abgebildeten[3] — als ziemlich schwach zu bezeichnen, ein offenbarer Beweis dafür, dass diesem Organe,

---

Bedeutung des Eisens im animalischen Organismus, S. 6 und 7 separ. — Naturwissenschaftliche Rundschau, IV. Jahrg. Nr. 43, das Eisen im Körper meerbewohnender Thiere, S. 546. —

[1] A. a. O. Taf. III, Fig. 9.

[2] Ich hatte in meiner früheren Arbeit diese Eisenanhäufungen als Cumuli bezeichnet. Vergl. a. a. O. S. 42. An weiteren jüngster Zeit untersuchten und frisch getödteten *Proteus*-Exemplaren konnte ich nachweisen, dass sich bei der Bildung dieser Cumuli sehr wesentlich Massen von Blutkörperchen, die ja hier beim *Proteus* auffällig gross sind, betheiligen, meist in schon mehr oder minder zersetztem und verödetem Zustande, zuweilen aber auch als solche erkennbar und auch dann mit deutlichem, direct nachweisbarem Eisengehalte und zwar im Kerne, vergl. Figg. 3 und 4, Taf. II. Das Haematin derselben war insofern schon einer gewissen künstlichen Zersetzung anheimgefallen, als die Objecte vorher behufs Härtung mit Chromsäure behandelt worden waren. Jedenfalls weisen auch diese Thatsachen von neuem darauf hin, dass, wie ich schon damals betonte, die Blutkörperchen in der Leber am ehesten geeignet sind, über Natur und Form ihres Eisengehaltes Aufschluss zu geben.

[3] A. a. O. Taf. III, Figg. 8 und 11.

welches doch die im Körper weiterhin verwendeten Eisenmassen zuerst aufzunehmen hat, in vorliegendem Falle schon lange Zeit hindurch keine Gelegenheit mehr geboten war, Eisen in erheblicheren Mengen zu resorbiren. In der That hatte das hier behandelte Thier im Berliner Aquarium gewöhnliches, eisenarmes Wasser zum Aufenthalte gehabt und die übrigens im Körper vorhandenen, zum Theil so ausserordentlich starken Eisenmengen offenbar schon aus seiner Heimath mitgebracht. Die geringen Resorptionen im Darme beschränkten sich auf die submukösen und serösen, also wieder die vorherrschend bindegewebigen Schichten. Überhaupt war es unverkennbar, dass alle in den eben aufgeführten, mehr central gelagerten Organen deutlichen Eisenresorptionen an Intensität und Ausdehnung weit zurückstanden hinter jenen, wie ich sie früher in den entsprechenden Körpertheilen beobachten konnte.

Das gerade Gegenstück dazu aber lieferten die peripherischen, die eigentlichen Rumpfwandungen bildenden Partien dieses Olmes. Es wurden nun die verschiedensten Körperstücke, vom Kopf bis zur Caudalgegend hin, meist auf Querschnitten, einer eingehenden Prüfung unterzogen, also derart, dass die Gesammtmuskulatur, das Skelett- und Hautsystem im Zusammenhange übersehen und auf ihre gemeinsame Beziehung zu der hier vorliegenden starken Eisenresorption untersucht werden konnten. Das hierbei zu Tage getretene Resultat dürfte den *Proteus* in histologischer Beziehung noch beachtenswerther erscheinen lassen als schon bisher.

Vom Skelettsysteme aus, dessen Eisenablagerung schon vorhin erörtert, waren die grossen Ligamenta intermuscularia, gewissermaassen als strahlenförmige Ausläufer des vertebralen Centrums, als eisenhaltig zu verfolgen (Fig. 8). Dieselbe Figur gibt das Gesammtbild eines solchen Querschnittes und lässt die hier geschilderten Resorptionsverhältnisse im Zusammenhange übersehen. Von da aus erstreckt sich die Eisenresorption in die feineren bindegewebigen Auskleidungen der Muskelfascien und -Elemente, und zwar eben so gut in Perimysium wie Sarkolemma. Wie man aus jener Figur ersieht, findet sich die Hauptconcentration zwischen den peripherisch gelagerten Muskelfasern. Die Ergebnisse der feineren histologischen Untersuchung sind in den Figg. 3 und 4 der Tafel zur Anschauung gebracht. Fig. 3 stellt einen Längsschnitt durch solche mehr oberflächlich gelagerte Muskelpartie vor. Man sieht hier, dass die fibrillären Bindegewebselemente selbst, welche zwischen den einzelnen Muskelcylindern sich hinziehen, die Träger der Eisenresorption sind. Fig. 4 gibt einen diesbezüglichen Querschnitt, welcher erkennen lässt, dass die Umhüllung der Muskelelemente durch das eisenhaltige Bindegewebe eine vollständige ist, a

der Eisengehalt des letzteren hier zwischen die feinsten Fugen eindringt. Die stärker vergrösserte Fig. 5 zeigt, dass ausser den Fibrillen aber auch die Bindegewebskörper in gleichem Maasse bei der Resorption betheiligt sind, was übrigens auch aus Fig. 6 ersichtlich ist. Dabei scheint das einzelne hier in Frage kommende Bindegewebskörperchen das Eisen wesentlich in seiner äusseren Schicht zu enthalten, da die fein granulären Inhaltstheilchen mit mehr graulicher Farbe durchschimmern.

Noch eine andere Erscheinung geht aus Fig. 5 hervor: dass nämlich auch die Kerne der (hier im Schrägschnitte dargestellten) Muskelelemente selbst von der Eisenresorption getroffen sein können. Dieser auffällige Befund ergab sich hier mehrfach innerhalb der an der äussersten Peripherie, also direct unter den Hautlagen, sitzenden Muskelgruppen, zumal da, wo die Eisenablagerung in die betheiligten Bindegewebsschichten eine besonders kräftige war. Die eisenhaltigen Muskelzellkerne finden sich auch, wie aus der Figur hervorgeht, mit Vorliebe an Stellen, wo stark eisenhaltige Bindegewebselemente, besonders Bindegewebskörper, unmittelbar angrenzen. Es steht dies in einem gewissen Widerspruche zu der im übrigen von mir als allgemeines Gesetz hingestellten Thatsache, dass die eigentlichen Muskel- (und Nerven-) Elemente von der Eisenresorption nicht berührt zu werden pflegen.[1] Denselben Fall hatte ich übrigens an der Muskulatur der schon früher untersuchten *Proteus*-Exemplare vereinzelt beobachtet, stellte ihn aber damals noch als zweifelhaft hin.[2] Jedenfalls scheint er etwas Aussergewöhnliches und Seltenes zu sein und nur bei so ausnahmsweise intensiver Eisenaufnahme, wie sie hier ja vorliegt, denkbar, denn ich muss auch nach meinen weiteren umfangreichen Untersuchungen über die Muskulatur jenes Grundgesetz vollkommen aufrecht erhalten. Immerhin ist es bezeichnend, dass es gerade wieder die Nuclei sind, welche auch hier die Neigung zur Resorption bekunden.

Fig. 6 stellt ein Stück der bindegewebigen Membran dar, welche die gesammte Rumpfhöhle innerlich auskleidet, bez. der Körpermuskulatur gegen die Eingeweide eine Art Abschluss gibt. Dieselbe gewährte, an den verschiedensten Stellen untersucht, überall dasselbe Bild wie hier. Man sieht hier zwischen die zahlreichen, in bestimmter Richtung verlaufenden, eisenhaltigen Bindegewebskörper Hohlräume, dem Lymphcapillarsysteme angehörig, eindringen, deren Lymphkörperchen zum grösseren Theile ebenfalls deutlichen Eisengehalt verrathen. Die

[1] Vergl. a. a. O. S. 58, sowie Humboldt Bd. VIII, Heft 9, S. 2 separ.
[2] A. a. O. S. 42, Anm. 2.

nahe genetische Beziehung zwischen interstitiellem Bindegewebe und Lymphsystem wird wohl kaum noch bezweifelt, und die bei dieser Gelegenheit ermittelte Thatsache, dass Bindegewebs- und Lymphzellelemente hier, in unmittelbarem Nebeneinander, gleichen Eisengehalt besitzen, dürfte diese Anschauungen vollends stützen. Leydig spricht sich geradezu dahin aus, dass die verzweigten Zellen der Bindesubstanz sich unmittelbar zu den Capillaren der Blut- und Lymphgefässe fortzubilden vermögen, oder dass die feinsten Gefässe nur für entwickelte Bindegewebskörper angesehen werden könnten.[1] Bei diesem völligen ineinander Übergehen, des Lymph- und Bindegewebssystems erscheint einerseits die mehr und mehr als durchaus gesetzmässig und allgemein hervortretende Rolle, welche das Eisen in letzterem spielt, sehr verständlich, andererseits wird aber auch, wie mir scheint, die Bedeutung des Eisens im Blute, eine immer noch viel umstrittene Frage, in ein eigenes Licht gesetzt. Meines Wissens sind dies die ersten Beobachtungen, bez. bildlichen Darstellungen von einem directen Nachweise des Eisens in den noch unzersetzten, mikroskopisch erkennbaren blutbildenden Zellelementen, und zwar des Eisens in unverkennbar oxydischer Verbindungsform.[2] Eisenhaltige Lymphzellen sind auch in Fig. 1, welche einen Hautflachschnitt, von oben gesehen, darstellt, zwischen den Drüsen zu erkennen.

Die ausgesprochen zellig entwickelten Bindegewebselemente, wie sie sich besonders im dorsalen und ventralen Abschnitte des Rumpfes, gewissermaassen als obere und untere Ausläufer der skeletogenen Bögen, finden und allmählich in die Bindegewebslagen der Cutis verlaufen (Vergl. Fig. 8), zeigten ihren Eisengehalt wieder regelmässig in den wandständigen Kernen concentrirt, während Plasma und Membran frei erschienen. An den Grenzen dieses blasig-maschigen Zellgewebes, wo noch fibrilläre Elemente und Bindegewebskörperchen den Übergang vermitteln, konnte man den Gegensatz zwischen den letzteren Formen und den kernhaltigen Zellelementen in ihrer beider-

[1] Leydig, Histologie S. 27 und ebenda S. 37.

[2] Ich habe analoge Erscheinungen im vergangenen Frühjahre an zahlreichen Pelobates- und Bufolarven beobachtet und dieselben kurz berührt in meiner Abhandlung, Humboldt a. a. O. S. 3 separ. Interessant war es, dass hier wieder ausschliesslich die Kerne der Lymphzellen in scharf begrenzter Weise das Eisen in sich führten. Vergl. Fig. 5 Taf. II. Ich muss aber hinzubemerken, dass hier die Reaction deutlich und praecise nur an vorher durch Chromessig gehärteten Exemplaren hervortrat und dann auf Dünn- und Hautabschnitten zu verfolgen war. Das Eisen wurde also offenbar durch die Wirkung der Chromsäure erst für die Ferrocyankalium-Reaction völlig zugänglich gemacht. Dieses Moment fällt aber für das in vorliegender Arbeit behandelte Object, den *Proteus*, fort, da hier die fraglichen Körpertheile nicht mit Chromessig behandelt worden waren, sondern nur der Wirkung des Weingeistes ausgesetzt.

[illegible] sein. Aus
[illegible] in der That
[illegible] meist
[illegible] deren
[illegible] waren die-
[illegible] so matt
[illegible] Nachdunkelung
[illegible] hatte, gar
[illegible] Masse dadurch beeinflusst

oder bedingt worden sein konnte. Vielmehr stellten sich gerade die am intensivsten gedunkelten Körperstellen und Körperstriche als dieselben heraus, welche nachher die tiefste Bläuung, also die mächtigste Eisenablagerung, erkennen liessen, d. h. die Hautdrüsen, die Epidermislagen oder besonders stark von Eisenoxyd durchsetzte Partien im cutanen, bez. subcutanen Bindegewebe.

Es resultiren sonach aus dem Verfolge dieser Einzelerscheinungen vor allem folgende zwei Thatsachen.

Erstlich: der Haupteisengehalt, der bei den bisher untersuchten, ihrer normalen Wohnstätte direct entnommenen *Proteus*-Exemplaren sich immer mehr in den tieferen Organen, den Eingeweiden, den centralen Skelettheilen u. s. w. concentrirt gefunden hatte, war hier, dem Verlaufe des Gesammtbindegewebes folgend, mehr in die peripherischen Körpertheile und Gewebschichten verlegt, speciell in die äusseren (besonders intermuskulären) Bindegewebe und die Hautdecke. Die Tendenz, das überschüssige Eisen sogar auf dem Wege der Secretion nach aussen hin abzustossen, ergab sich aus dem histochemischen Verhalten der Hautdrüsen und der Epidermiszellen. Diese Wanderung des Eisens im centrifugalen Sinne, wie ich es geradezu nennen möchte, wird aus der Übersichtsfigur 8, einigermaassen deutlich hervorgehen. Es liegt nahe, diesen gegen frühere Beobachtungen abweichenden Befund mit den geänderten Lebensbedingungen, denen dieses Thier ausgesetzt gewesen war, in ursächlichen Zusammenhang zu bringen.

Zweitens: die starke Nachdunkelung des äusseren Körpers rührte nur zu sehr geringem Theile von abgelagertem, organischem Pigmente her, vielmehr der Hauptsache nach von den in die peripherischen Schichten concentrirten und hier eine dunklere Färbung hervorbringenden Eisenmengen.

Ob sich bei allen Olmen, welche gezwungen werden, längere Zeit in gewöhnlichem Wasser und unter dem Einflusse des Lichtes zu leben, jene auffällige Translocation des immer mehr oder minder bedeutenden Eisengehaltes aus den mehr centralen Körpertheilen in die mehr peripherischen vollzieht, mag vorläufig dahingestellt bleiben. Andererseits scheint es mir, nach vorliegenden Analogien zu schliessen, ebenso festzustehen, dass auch unter ihren normalen Bedingungen lebende Olme wenigstens jene histologisch so merkwürdige Hautresorption besitzen können. So glaube ich bestimmt, dass jene eigenthümlichen Dunkelpunktirungen und Nuancirungen, von FITZINGER bei Aufstellung seiner verschiedenen *Proteus*-Subspecies, welche wohl nur als Localvarietäten aufgefasst werden können, angeführt und zu deren feinerer Unterscheidung herangezogen, — zum Theil wenigstens der Gegenwart und typischen Ablagerung des Eisenoxydes zuzuschreiben

sind.[1] So ist nach jenem Forscher die Körperfärbnng von *Pr. Zoisii* durch sehr kleine, hochrothe .Punkte ausgezeichnet, die von *Pr. xanthostictus* durch kleine unregelmässige schmutziggelbe Flecke, von *Pr. Schreibersii* durch sehr zahlreiche und kleine röthlichweisse Punkte.[2] Dass bei einem so vollkommen subterran angepassten Thiere rein organische Pigmentablagerungen derart verbreitet sein sollten, erscheint wenig glaubhaft; alle jene Farbennuancen stimmen mit denen ausgeschiedener oxydischer Eisenverbindungen sehr wohl überein.[3]

Von schon anderwärts hervorgehobenen allgemeinen Gesetzmässigkeiten, wie solche sich auch hier wieder in recht handgreiflicher Weise geltend machten, erwähne ich die Bedeutung der Nuclei als Hauptträger bez. -speicher der resorbirten Eisenmengen. Aus verschiedenen der beigefügten Figuren geht diese Beziehung der Kerne zu Plasmen und Gesammtgewebe unverkennbar hervor und bestätigt ihrerseits von neuem die schon früher von mir gezogenen Schlüsse hinsichtlich der histochemischen Bedeutung des Zellkernes überhaupt.[4]

Dass sich jenes grosse allgemeine Gesetz von der vorherrschenden Eisenablagerung in den Bindegewebsarten, welches ich an anderen zahlreichen Thierformen nachgewiesen und schon ausführlich behandelt habe,[5] auch an diesem Objecte bestätigt findet, ergibt sich ohne weiteres. Gerade hier stellt das System der Bindesubstanzen, von den centralen Knochenelementen der Columna bis zu den Grenzen der Cutisschichte, ein förmliches, den Köper durchflechtendes Eisennetz dar.

Auch jene drei wohl zu unterscheidenden Resorptionsstadien, welche sich in den verschiedenen Körperorganen und -geweben bemerkbar machen und gleichzeitig den Hauptabschnitten im Verlaufe des physiologischen Stoffwechsels entsprechen, treten hier scharf hervor: die Resorption im engeren Sinne, d. h. Eisenaufnahme und erste Assimilation, in Darm- und Leberzellen, — die Accumulation

---

[1] Fitzinger, *Proteus anguineus*, Sitzungsber. der Wiener Akademie. V. 1850.

[2] Dr. E. Zeller in Winnenthal hält in einem Gartenbassin Olme, also schon längere Zeit dem Lichte ausgesetzt, wobei auch einige Larven aus den Eiern gezüchtet wurden. Bei diesen waren interessanterweise die Augen als kleine schwarze Punkte sichtbar, ein unzweifelhafter Rückschlag, und gleichzeitig die Haut mit kleinen bräunlich-grauen Punkten dicht besäet, — was ich auch wesentlich auf Rechnung einer peripherischen Eisenanhäufung setzen möchte.

[3] Überhaupt verdienen die sogenannten Hautpigmente auch bei anderen Thieren auf diesen Gesichtspunkt hin noch eingehender untersucht zu werden, da ich auch bei Fischen, z. B. *Cobitis*, *Anguilla*, *Petromyzon*, gelegentlich starken Eisengehalt der dunkelfarbigen Hautzelllagen beobachtet habe. Vergl. Abhandl. der Akadem. a. a. O. S. 36.

[4] Vergl. a. a. O. S. 57 sowie Humboldt a. a. O. S. 1 separ.

[5] Vergl. Humboldt a.a.O. S. 2 und Naturwissenschaftl. Rundschau a. a. O.

oder eigentliche stabile Aufspeicherung in den Bindegeweben (und Blutzellelementen), — die Secretion, Abscheidung überschüssiger Eisenmengen, in Hautdrüsen und Epidermis.[1]

---

[1] Humboldt a. a. O. S. 7 und 8.

Tafelerklärung.

Fig. 1. Haut des *Proteus*, von oben gesehen $(\frac{200}{1})$.

Fig. 2. Haut im Querschnitte $(\frac{200}{1})$.

Fig. 3. Muskelbündel im Längsschnitte; zwischen den Cylindern die eisenhaltigen Bindegewebsfibrillen $(\frac{200}{1})$.

Fig. 4. Muskelbündel im Querschnitte $(\frac{200}{1})$.

Fig. 5. Ein gleiches im Schrägschnitte; eisenhaltige Bindegewebskörper und Muskelzellkerne (cc. $\frac{500}{1}$).

Fig. 6. Bindehaut aus der Rumpfhöhle; eisenhaltige Bindegewebskörper und Lymphkörperchen $(\frac{200}{1})$.

Fig. 7. Bindegewebszellen aus dem dorsalen Körperabschnitt (cc. $\frac{500}{1}$).

Fig. 8. Querschnitt durch die ganze Caudalregion des *Proteus* $(\frac{100}{1})$.

Fig. 9. Querschnitt durch den Gaumentheil mit zwei Zähnen $(\frac{100}{1})$.

Fig. 10. Querschnitt eines Blutgefässes aus der Leber von einem anderen, frischgetödteten *Proteus*; Blutkörperchen mit eisenhaltigen Kernen $(\frac{200}{1})$.

Fig. 11. Zwei isolirte Blutkörperchen (cc. $\frac{500}{1}$).

Fig. 12. Lymphgefässstück aus der Haut einer Pelobateslarve; Lymphkörperchen mit eisenhaltigen Kernen und eisenhaltige Bindegewebskörper (cc. $\frac{500}{1}$).

Ausgegeben am 24. Juli.

1890.
XXXVII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

17. Juli. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Curtius.

Hr. Weber las über die Griechen in Indien.
Die Mittheilung erfolgt umstehend.

Die Griechen in Indien.

Von ALBR. WEBER.

Das Nachstehende bezweckt nur eine cursorische Übersicht zu geben über das, was theils von sicheren Daten, theils von mehr oder weniger plausiblen Vermuthungen aus indischen Quellen über Stellung und Einfluss der Griechen in Indien vorliegt.

Die Inder benennen die Griechen mit dem im Orient (cf. die Hebräer, Syrer, Araber und die altpersischen Keilschriften) allgemein für sie üblichen Namen der Ionier: Yavana, und zwar haben sie diesen Namen[1] zunächst wohl von den Persern entlehnt, sei es schon damals, wo sie, nach Herodot's Zeugniss, als persische Hülfstruppen an den Perserkriegen gegen die Griechen theilnahmen, oder sei es erst später, als Alexander, bei seinem Einfall in Indien, sich vermuthlich wohl iranischer Dolmetscher zu dem Verkehr mit den indischen Fürsten etc. bediente[2].

Die älteste Erwähnung des Namens in einem indischen Werke ist bis jetzt, wenn man nämlich die übliche Annahme über das Zeitalter Pâṇini's, als um den Beginn des dritten Jahrhunderts v. Chr. zu setzen, theilt, die bei diesem Grammatiker vorliegende, der uns daraus (4, 1, 49) das Wort yavanânî, dem vârtt. nach zur Bezeichnung der Schrift »lipi« der Yavana, bilden lehrt. — Chronologisch fest fixirt sodann ist deren Erwähnung in dem dreizehnten Edicte des

---

[1] von den Griechen ist dann der Name Yavana auf ihre ebenfalls fremdsprachigen Nachfolger im nordwestlichen Indien, die Indoskythen, von diesen dann weiter auf die Parther und Perser (Arsaciden und Sassaniden), danach auf die Araber, resp. Moslims, schliesslich auch auf die Europäer übergegangen. — LASSEN's Annahme (Ind. A. K. 1, 729. 861), dass das Wort schon von alter Zeit her die Araber bezeichnet habe, beruht auf keinem stichhaltigen Grunde; darüber sowie über seine Erklärung des Namens der Ioner als »die Jungen« s. das von mir in KUHN's Zeitschrift 5, 221-28 (1856) Bemerkte.

[2] in die eine oder andere Zeit ist denn wohl auch schon die Herübernahme des Wortes mudrâ, »Siegel«, aus dem Persischen (neup. مهر) zu setzen, welches meiner Vermuthung nach, ähnlich wie das Porcellan im Englischen: China genannt wird, so seinerseits aus dem altpers. Namen für: Aegypten altp. Mudrâya herzuleiten ist, s. Hâla p. XVII. 449 (1881).

Piyadasi in der Mitte desselben Jahrhunderts, wo die Yona(Yavana)-Könige: Antiyoka, Turamaya, Antigona, Maga[1] als dessen Vasallen, so zu sagen, aufgeführt sind. Bekanntlich ist dies überhaupt der feste Punkt, um den sich die ältere indische Chronologie nach rückwärts wie vorwärts dreht.

In einer der verschiedenen Copieen dieser Edicte, der »Khâlsî-Version«, in welcher dieselben besonders gut erhalten sind, wird hierbei sogar auch der Name Alexander's selbst genannt. Freilich zunächst in einer Stellung, welche jedenfalls befremdet, hinter den vier anderen Namen nämlich; und sodann in immerhin annoch unsicherer Form. Cunningham hat diese Khâlsî-Version zuerst publicirt, s. Plate XLI seines »Archaeological Survey of India during the years 1862-65« 1, 346 (1871); bei meiner Besprechung des Werkes (1873, s. Ind. Streifen 3, 195) schlug ich für die betreffende Stelle die Lesung: Alikṣa(ṃ)dala vor. Nach Bühler's Meinung aber, ZDMG. 40, 128, ist vielmehr Alikyashudala zu lesen, was denn freilich sehr sonderbarlich klingt.

Anderweit liegt der Name Alexander's bis jetzt nur in dem Namen der Yona-Stadt Alasaddâ, im Mahâvaṅso[2] vor, insofern darunter wohl die Stadt Alexandria am Indischen Kaukasus zu verstehen ist. Nach Spence Hardy Manual of Buddhism p. 516 (s. Ind. Stud. 3, 121) war Alasandâ (so Hardy) die Geburtsstadt des in Sâgala (Σαγγαλα) herrschenden Yona-Königs Milinda (Menander, s. im Verlauf) und auch im Eastern Monachism, p. 300, führt Hardy den Namen in der Form Alasandâ auf.

Endlich aber möchte ich noch, allerdings nicht mit voller Confidenz, in anderer Richtung eine Spur des Namens Alexander's suchen, die dann aber zugleich auch ein Zeugniss dafür sein würde, welch' gewaltigen Eindruck seine jugendliche Heldengestalt auf die Inder gemacht hatte. Aus den griechischen Berichten über Alexander's Zug ist bekannt, dass seinen Soldaten der Name des indischen Flusses Candrabhâgâ, bis zu welchem er sie führte, von so übler Vorbedeutung erschien — sie fassten denselben als: Σανδαροφαγος »den Alexander verzehrend« auf — dass sie meuterten und ihn zwangen, hier seinen Siegeslauf einzustellen und umzukehren. Es ergiebt sich hieraus, dass schon damals die später allein für ihn im Orient übrig gebliebene[3]

[1] s. Lassen Ind. Altk. 2,241 und von neueren Arbeiten darüber speciell die von H. Kern over de Jaartelling van de zuidelijke Buddhisten Amsterdam 1873 und JRAS. 12, 379 (1880), E. Senart les inscriptions de Piyadasi (2 voll. 1881. 1886), und G. Bühler ZDMG. 37, 87 fg. 253 fg. 422 fg. 572 fg. 39, 449 fg. 40, 127 fg. 41, 1 fg. (1883 : 87).

[2] Turnour p. 171 und Index p. 1; der Text auf p. 171 hat °sanna, siehe aber: Errata p. XXV).

[3] cf. Skander, Iskender.

Namensform ξανδρος, unter Abtrennung des Αλε (etwa weil die im Heere befindlichen Semiten resp. Araber darin den Artikel: al fanden?) üblich war. Und hieran habe ich denn meinerseits eine allerdings wohl etwas kühne Vermuthung geknüpft (s. Ind. Streifen 3, 478; 1876). Im Sanskrit giebt es eine Wurzel skand »schnellen, springen, überfallen«, und das daraus stammende Wort: skanda ist zunächst, in den gṛihyasûtra, der Name eines die Kinder überfallenden Krankheitsdämons (bâlagraha), im weiteren Verlauf aber der Name des (ewig) jungen (kumâra) Kriegsgottes. In dieser letztern Verwendung des Wortes nun vermuthe ich eine Beziehung auf, resp. eine Reminiscenz an, den fremden jugendlichen Helden, der wie ein Kriegsgott in das Land eingefallen war[1]. Wie die Griechen in Indien ihren Dionysos, Herakles etc. wiederfanden, so können ja wohl auch die Inder in dem sie wie ein Dämon überfallenden gewaltigen Ksandra (Skandra), ihren bösen Dämon Skanda, wiedergefunden haben, wodurch dann die ursprüngliche Bedeutung desselben in einer Weise erweitert und erhöht wurde, dass sie vor der neuen Stellung ganz in den Hintergrund trat und ihrerseits verlosch. — In den Atharvapariçishṭa findet sich unter Nr. 21 ein: Skandayâga, d. i. eine an den kumâra Skanda gerichtete Ceremonie, die dabei zugleich auch als: dhûrtakalpa bezeichnet ist, und in welcher Skanda speciell eben mit diesem Namen als: dhûrta

[1] beiläufig möchte ich hier noch eine anderweite Vermuthung gleicher Art wagen. Im Zamyâd-Yasht wird unter den Fürsten, denen der königliche Glanz in voller Fülle zu Theil ward, als Letzter Kereçâçpa (der indische Kṛiçâçva), und als letzte Heldenthat desselben die Besiegung des Çnâvidhaka »Sehnenspalter« (§ 43. 44) aufgeführt. Von Diesem aber heisst es, nachdem er als: çrvôjana »mit Hörnern (oder: Klauen) tödtend« und açanhô-gava »steinerne Hände habend« bezeichnet ist:

»er brüstete sich: ich bin unvolljährig, nicht volljährig. Wenn ich volljährig wäre, würde ich die Erde zum Rade machen, den Himmel zum Wagen. Ich würde herabholen den Çpeñtô-mainyu aus dem glänzenden Himmel (garô nmâna, Ort des Lobgesanges, gir), ich würde heraufholen den Añrô-mainyu aus dem argen Dunkel (dužaka). Beide würde ich an meinen Wagen spannen, den çpeñtô mainyu und den Añrô(m.), wenn mich nicht vorher tödten sollte der männlich gesinnte Kereçâçpa. Möchte ihn doch tödten (Conjunctiv, janât) der männlich gesinnte Kereçâçpa durch Beseitigung des Lebens, Zerschneidung der Lebenskraft«.

Ich meine, dass wir auch hier unter diesem noch nicht volljährigen und doch schon so übergewaltigen und ruchlosen Bedränger ebenfalls den jugendlichen Alexander zu verstehen haben, und zwar lässt sich der Schlusspassus geradezu so fassen, als ob er noch während dessen Lebzeiten abgefasst sei, und den Stossseufzer eines durch ihn in seinem Gemüthe schwer bedrückten âtarvan enthalte, der dem gewaltigen Feinde seines Landes und Glaubens ein baldiges Ende wünscht! vgl. meine ähnliche Vermuthung in Bezug auf die Kereçâni-Stelle Yaçna 9, 75, in den Ind. Streifen 2, 429. 430. — Aus vedischer Zeit möchte ich hier übrigens noch als einen zu göttlicher Symbolik, resp. Würde gelangten Fürsten den Naḍa (Nala) Naishidha heranziehen, Çatapathabr. 2, 3, 2, 1. 2, der geradezu (neben Indra und Yama stehend) mit dem anvâhâryapacana-Feuer identificirt wird, Kâty. çr. 4, 14 paddh. [p. 414, 21] 15, 34 schol. [p. 420, 8].

»Schelm, Bösewicht« angerufen wird, eine Bezeichnung, die den eigentlich bösartigen Charakter dieses Gegenstandes der Verehrung klar genug markirt. Dabei wird von ihm im ersten Verse der betreffenden Litanei gesagt, dass er »auf weissen Rossen daherfahre«: yaṃ vahanti hayâḥ çvetâ nityayuktâ manojavâḥ | tam ahaṃ çvetasaṃnâhaṃ dhûrtam âvâhayâmy aham ||. Und hierin möchte ich denn in der That auch noch eine wirkliche historische Reminiscenz vermuthen[1]. — Neben Skanda erscheint denn nun freilich daselbst (und dies ist ein immerhin erschwerender Umstand) sein »Bruder« Viçâkha, der in den späteren Berichten über Skanda ganz fehlt oder nur als ein Beiname desselben selbst erscheint, in den älteren dagegen noch mehrfach neben ihm genannt wird. Und zwar geschieht dies bereits an der Stelle, wo das Vorkommen beider (resp., wenn wir Kumâra anschliessen, aller drei) Namen überhaupt zuerst historisch gesichert ist, als Göttername nämlich auf den Münzen des indoskythischen Königs Kanishka (c. 300—400 Jahre nach Alexander), wo: Σκανδο

[1] das betreffende pariçishṭam ist im Übrigen schon ganz von den kurz gesagt epischen Anschauungen von Skanda als Kriegsgott getragen, giebt ihm die üblichen Attribute: shaḍânana (resp. ashṭâdaçalocana; jedes der 6 Antlitze also dreiäugig, offenbar als Erbe von Rudra) und Kârttikeya, bezieht resp. letztern Namen bereits irrthümlich (s. Ind. Stud. 1, 263. 13, 346, ZDMG. 27, 194, Ind. Streifen 3, 246) auf die sechs kṛittikâs (shaṇṇâṃ sutaṃ kṛittikânâṃ, kṛittikâputram). — Der alte Kriegsgott der Inder war theils Indra, theils, und vor Allem, resp. aber doch erst in etwas secundärer Entwickelung, Rudra mit seinen Scharen (senâ). Rudra wird sogar auch direct: skanda-rûpa genannt, s. Ind. Stud. 2, 44 und Skanda erscheint als Autor eines der Rudra-Sprüche des Çatarudriya (Vs. 16, 49). Die älteste Erwähnung dieser Stellung des Rudra als Kriegsgott ist wohl die im Taitt. Âr. X, 1, 6 wo Mahâsena und: Shaṇmukha neben Vakratuṇḍa Danti (Gaṇeça), resp. in Verbindung mit Mahâdeva erscheinen. Ebenso stehen im Sâmavidhânabr. 4, 18. 19 p. 28 (ed. Burnell, s. Ind. Streifen 3, 275) Vinâyaka und Skanda neben einander. — Auch die Beziehung des Kriegsgottes zum Feuer (das ebenso verheerend wirkt, wie der Krieg) ist bereits eine alte; cf. Ind. Stud. 17, 180. 279 über das dem Heere als Symbol hierfür voranzutragende Heeresfeuer (senâgni). Die im Yajus-Ritual vorliegende Bezeichnung des Feuers als kumâra (s. Çatap. 6, 1, 3, 8) neben: rudra, sarva(ç°), paçupati, ugra, açani, bhava, mahân deva, îçâna, markirt dasselbe, wohl wegen seiner täglich neuen Erzeugung, s. Ṛik 5, 2, 1. 2, als »Kind, Knabe«, resp. wohl als »ewig jung« (cf. Sanat-kumâra) und kann ganz wohl auch noch ihrerseits mit dazu hingewirkt haben, dass der jugendliche Kriegsheld Ksandra der Griechen den Indern als ein Correlat ihres Skanda, resp. ihres wie eine Feuersbrunst dahinfahrenden Heerführers Rudra erschien. — Die Stellung des Skanda in der Chândogyop., wo er als Schüler eines brâhmaṇ. Weisen erscheint, ist selbstverständlich eine ganz secundäre; es liegt darin wohl nur das Bestreben vor, sogar den gewaltigen Kriegsgott der Kshatriya als lammfrommen Brâhmaṇa-Schüler hinzustellen. — Worauf die schon im Taitt. Âr. X, 1, 6 vorliegende Bezeichnung des Mahâsena (Rudra, Skanda) als »sechsantlitzig« eigentlich zurückgeht, ist noch unklar; sollte etwa damit das nach allen Richtungen, allen: shaḍ urvîḥ, hin sich ausbreitende, alles verzehrende Wesen des Feuers (Kriegsfeuers) symbolisirt sein? (zu shâṇmâtura s. Ind. Stud. 13, 346. 347).

Κομαρο Βιζαγο[1] direct zusammen stehen[2]. Oder sollte nicht gerade etwa in dieser ihrer Verwendung ein unmittelbares Moment für die von mir vermuthete Übertragung der Kriegsgotts-Würde von dem jugendlichen (Kumâra) Helden Alexander (Skandra) auf den bâlagraha Skanda zu suchen sein? Was in aller Welt hätte Letzterer auf diesen Münzen zu suchen? — Aber freilich, wer ist Viçâkha? Die Bedeutungen des Wortes: »verästelt, gegabelt«, oder: »astlos«, oder: »unter dem Gestirn Viçâkhâ geboren«, geben hierbei gar keinen Anhalt. — Sollte daran etwa der secundär-orientalische Name Alexander's: dhûl' qarnain »Herr der beiden Hörner«, worunter in der Regel die Herrschaft über den Orient und den Occident verstanden wird, irgendwie zu knüpfen sein?

Auf etwas festerem Boden bewegen wir uns anscheinend bei einem Umstande, den ich ebenfalls bereits direct mit Alexander's Zuge in Verbindung gebracht habe[3]; ich meine die Angabe des Âpiçali, eines der von Pâṇini citirten Lehrer, über die Bildung des Compositums: Kshaudraka-Mâlavi (senâ), »Heer der Kshudraka und Mâlava«, Ὀξυδρακοι und Μαλλοι. Den Nachrichten der Griechen[4] zufolge nämlich standen diese beiden Völker einander auf das Feindlichste gegenüber, schlossen sich aber, aus Furcht vor Alexander, zu einem Bunde zusammen, so dass nunmehr für ihr gemeinsames Heer jener Name erforderlich ward. Ist diese meine Auffassung desselben richtig, so ist damit dann zugleich auch für Âpiçali's, resp. Pâṇini's Zeit ein fester Halt gewonnen[5].

Was sodann Alexander's Nachfolger, die griechischen Könige und Satrapen im nordwestlichen Indien anbelangt, so ist zunächst die bereits erwähnte Aufführung der Namen: Antiyoka (°ga), Turamaya

---

[1] v. Sallet, Die Nachfolger Alexander's, p. 205 (1879). Ind. Streif. 3, 478.

[2] ganz ebenso (resp. gleichzeitig mit Kanishka?) im Mahâbhâshya zu Pâṇini 6, 1, 126, fol. 90ᵃ, wo es sich resp., s. Ind. Stud. 13, 344-346, um Bilder des Çiva, Skanda und Viçâkha handelt, welche von den »goldgierigen Maurya«-Fürsten zum Verkauf gestellt wurden, d. i., meiner Meinung nach, um von ihnen geprägte Goldmünzen mit diesen Bildern resp. Emblemen, die sie in den Handelsverkehr brachten (ibid. p. 331). — Allerdings sind ja, soweit meine Kenntniss reicht, ächte Maurya-Münzen bis jetzt noch nicht gefunden. Die älteste indische Münze scheint vielmehr noch immer die von Lassen, Ind. Alt. K. 2, 47 beschriebene Münze des Ag(g)imitta, des Nachfolgers der Maurya, zu sein (s. noch Ind. Streifen 2, 79).

[3] Ind. Stud. 13, 373. Akad. Vorl. über ind. L. G.² p. 238.

[4] s. Droysen Geschichte Alex. p. 433. Lassen Ind. Altk. 2, 169 fg.

[5] um nichts zu übergehen, muss ich hier auch noch auf meine freilich nur unter allem Vorbehalt gethane Frage hinweisen (s. Ind. Stud. 13, 373ⁿ) ob nicht etwa, im Hinblick auf die Sauvîra-Stadt Dâttâmitrî Demetrias (s. sogleich), unter den von Pâṇini selbst (4, 1, 148. 150) genannten Sauvîra-Namen: Phâṇṭâhṛiti und Mimata, resp. unter dem im Calc. schol. dazu noch genannten: Jamunda, an griechische Namen, etwa an: Pantarchos, Mimas, Diomedes zu denken sei?

(Tula°), Antigona (°kona), Maga (°ka) in dem dreizehnten Edicte des Piyadasi in den Vordergrund zu stellen.

Von diesen Namen[1], denen von indischer Seite die beiden Poros (Paurava), Sandrokyptos (Candragupta), Amitrochates (Amitraghâta), Sophagasenos (Saubhagasena), Moricus[2] (Maurya) zur Seite treten, ist bis jetzt nur einer, und auch dieser nur auf Grund einer etwas kühnen Vermuthung meinerseits[3], in Indien weiter noch nachweisbar. Turamaya nämlich, der Name des Ptolemaios, ist von mir mit dem Namen des: asura Maya, des Baumeisters der Asura, in Verbindung gebracht worden, der im zweiten Buch des MBhâr. als Freund des Königs Yudhishthira erscheint, und demselben einen Palast baut, dessen Wunderwerke allgemein Staunen und Bewunderung erregen. In diesem: asura Maya scheint mir nämlich eine volksetymologische Aneignung des Namens: Turamaya, und in seiner Baukunst ein Bezug auf die Bauten der Ptolemäer, resp. die aegyptischen Wunderbauten, vorzuliegen[4]. Und zwar tritt hierfür noch ein weiterer Umstand ein. Eine zweite Verwendung nämlich des: asura Maya ist die in dem gegenwärtigen, freilich secundären Text des Sûrya-Siddhânta, wo er (1,2) als der Vater der indischen Astronomie erscheint[5]. Da ist es dann freilich nicht mehr der aegyptische König Ptolemaios, sondern der griechische Astronom dieses Namens (erste Hälfte des 2. Jahrh. u. Z.), um den es sich handelt. Aber beide Male ist derselbe Name in Indien durch die gleiche mythische Persönlichkeit vertreten.

Nach den früheren Anschauungen über das Alter des Mahâ-Bhârata könnte es ja freilich bedenklich erscheinen, darin dem Namen des Ptolemaios begegnen zu wollen. Indessen, dávor braucht man sich jetzt nicht mehr zu scheuen. Schon Tod hat in dem Namen des Yavana-Königs Dattâmitra, der darin unmittelbar als am Kampf

[1] in Bezug auf die je darunter zu verstehende Persönlichkeiten s. noch Ind. Studien 3, 168. 169.

[2] bei Nonnus; — cf. auch Morcheus.

[3] s. Ind. Studien 2, 243. Ind. Streifen 3, 477.

[4] sollten nicht einige der hierbei berichteten Einzelheiten sich geradezu auch in den griechischen Berichten über die Bauten der Ptolemaeer resp. Aegypter, wiederfinden? So z. B. die Angabe von dem Saal mit dem so wundersam geglätteten spiegelhellen Boden, den Duryodhana deshalb für einen Teich hielt, in den er hineinsprang um sich darin zu baden, wobei er sich dann arg verstauchte.

[5] s. Verz. der Berl. S. H. 1, 233. 287. 288; er wird dabei zugleich auch, freilich erst im Jnânabhâskara, einem vermuthlich noch späteren Texte, mit Romaka-pura (d. i. Alexandrien oder Byzanz), resp. dem Lande der Mlecha in Bezug gesetzt; s. noch Ind. Stud. 2, 243. 244. — Höchst eigenthümlich ist im Übrigen auch die im 8. Buche des Kathâsarits. vorliegende Erzählung von der Besiegung der Götter unter Indra's Führung durch die asura unter Maya's Führung, s. Ind. Streifen 2, 218. Unter der Dânava oder Asura sind eben mehrfach fremde Völker zu verstehen.

betheiligt erscheint, den Namen des Demetrios (180-165 v. Chr.) erkannt, und auch LASSEN hat sich ihm angeschlossen[1]. Auch die von ihm erbaute Stadt Demetrias erscheint theils im Râmâyaṇa[2] unter dem weiter corrumpirten Namen Daṇḍâmitrâ, theils in dem Votiv-Spruche eines buddhistischen Neigungen zugethanen: Dâttâmittiyaka Yoṇaka[3]. — Ebenso hat A. v. GUTSCHMID[4] in dem Bhagadatta, König der Yavana, der über Maru (Marwar) und Naraka im »Westen« herrschte, und speciell als alter Freund des Vaters des Yudhishṭhira (MBhâr. 2,578. 579) genannt wird[5], eine Übersetzung des Namens des Apollodotos (nách 160 v. Chr.) wie mir scheint, mit gutem Glück, erkannt.

Ausserhalb des MBhârata ist sodann in dem Namen des Kashmir-Fürsten Jalaukas von mir ebenfalls bereits, freilich mit allem Vorbehalt, eine volksetymologische Aneignung des Namens: Seleukos gesucht worden[6].

Endlich aber ist der Name des Menander (144—120 v. Chr.), von welchem die griechischen Nachrichten allerhand berichten, was ihn zum Buddhismus, speciell seinem Reliquiendienst, in nahen Bezug bringt, von mir[7] wohl mit Recht mit dem Namen des Yavana-Königs Milinda, in Sâgala Σαγγαλα, gebürtig aus Alasandâ (Alexandria), identificirt worden[7], der bei den südlichen Buddhisten eine grosse Rolle spielt[8], und sich noch bis in die Purâṇa-Zeit[9] hinein im Gedächtniss erhalten hat[9].

Hierher gehört denn auch was bei Pâṇini, und im MBhâshya dazu, von den Yavana erwähnt wird. Dass P. selbst lehrt, wie das Wort Yavanânî, nach dem vârtt. zur Bezeichnung: Schrift (lipi) der Yavana, zu bilden sei, ist bereits bemerkt. Aber es scheint sogar auch directe Benutzung derselben durch Pâṇini vorzuliegen. Nach GOLDSTÜCKER (Pâṇini pag. 53) braucht er den zweiten Buchstaben des indischen Alphabets als Bezeichnung der Zahl: zwei; und BURNELL, Elem. of South Ind. Palaeogr.[1] p. 96. ([2] p. 77), Aindra Grammarians p. 88, nimmt an, dass er sich hierbei von der gleichartigen Verwendung der Buchstaben des griechischen Alphabets als Zahlmarken (α 1,

[1] s. LASSEN Ind. Altk. 1, 657. 2, 344; — cf. Ind. Stud. 5, 150 resp. 13, 381.
[2] 4, 43. 20 GORR. s. meine Abh. über das Râmâyaṇa p. 77.
[3] s. Ind. Skizzen p. 37. 82.
[4] Beiträge zur Gesch. des alten Orients p. 75.
[5] s. Ind. Stud. 5, 152. Vorl. über ind. Lit. G.[2] 205.
[6] s. meine Abh. über das Râm. p. 33 n. 2.
[7] s. Ind. Stud. 3, 121 (1853).
[8] wir kommen auf den von ihm speciell handelnden Milindapañha in Verlauf zurück.
[9] s. Verz. d. Berl. S. H. 2, 120.

β2, γ3 etc.) habe leiten lassen[1]. — Von Interesse sodann ist die charakteristische Notiz[2] im Calc. schol. zu 3, 2, 120: çayânâ bhuñjate Yavanâḥ, »die Yavana essen liegend«; dieselbe findet sich zwar im MBhâshya nicht vor (s. Ind. Stud. 13, 381), beruht aber offenbar auf alter Beobachtung, resp. Überlieferung. — Von der allergrössten Bedeutung aber sind die beiden Beispiele im MBhâshya zu Pâṇ. 3, 2, 111:

Yavano 'ruṇan Mâdhyamikân: »der Yavana-Fürst bedrängte die Mâdhyamikâ« und:

Yavano 'ruṇat Sâketam: »der Y. Fürst bedrängte Sâketa«, weil sie als Beispiele für den Gebrauch des Imperfects zur Bezeichnung eines vor Kurzem erst stattgehabten Vorganges aufgeführt sind, und somit für die Zeit ihrer Abfassung[3] die kurz vorher stattgehabte Bedrängung des Volksstamms der Mâdhyamika sowohl wie der Stadt Sâketa durch einen Yavana-Fürsten bedingen. Leider lassen sich Beide nicht mit voller Bestimmtheit geographisch fixiren[4]. Indessen, aller Wahrscheinlichkeit nach ist hierbei unter Sâketa wirklich das jetzige Oudh Σαγηδα gemeint, und es wird damit eine Ausdehnung der griechischen Herrschaft nach dem eigentlichen Indien hinein indicirt, welche aus den griechischen Nachrichten bisher nicht zu vermuthen war. Wohl aber scheint dafür von indischer Seite her, s. Kern's Angaben[5] aus dem »Yuga-purâṇa« genannten Capitel der Garga-Saṃhitâ[6], weitere Beglaubigung gewonnen zu werden. Daselbst wird nämlich, entsprechend der im prophetischen Tone gehaltenen dortigen Darstellung, nicht nur die Besetzung von Sâketa durch die Yavana in Aussicht gestellt (d. i. wohl: als kurz zuvor stattgehabt berichtet?), sondern auch der Weitermarsch derselben bis Kusumadhvaja, resp. Pushpapura d. i. Pâṭaliputra (Παλιβοθρα) an-

---

[1] s. akad. Vorl. ind. Lit. Gesch.[2] p. 238. Ind. Streifen 3, 359.

[2] s. Ind. Skizzen p. 85.

[3] man hat sie auch als beweiskräftig zur Bestimmung der Zeit des Werkes selbst, in dem sie uns mitgetheilt werden, des Mahâbhâshya also, verwenden wollen. Indessen dies ist unrichtig. Sie können theils sehr wohl aus älterer Zeit stammen, resp. event. von Pâṇini selbst her, und als dessen solenne Beispiele durch die Folgezeit fortgeführt sein (wie dies ja auch im weiteren Verlaufe wirklich der Fall ist; sie werden auch von den späteren Commentatoren mitgetheilt, nicht etwa von diesen durch je ihrer Zeit entlehnte Beispiele ersetzt). Theils aber können sie auch event. bei irgend einer der verschiedenen Redactionen, die das MBhâshya erfahren hat, in den Text gekommen sein.

[4] s. Goldstücker »Pâṇini« 229 fg. Ind. Stud. 5, 151 fg. 13, 301 fg. Bhâṇḍârkar im Indian Antiquary 1, 299 fg. 2, 61 fg. Akad. Vorles. über ind. L. G.[2] 240. 269.

[5] Vorrede zu s. Ausgabe der Bṛihatsaṃhitâ des Varâhamihira pag. 37; — s. resp. dazu Ind. Stud. 13, 306.

[6] die im Verz. der Berl. S. H. 2, 119 fg. verzeichnete Garga-Saṃhitâ ist ein andres, secundäres Werk; — dasselbe ist, beiläufig, 1883 in Benares gedruckt worden, s. Klatt im Lit. Bl. orient. Phil. 2, 213 (1885).

gekündigt. Hierbei ist denn aber freilich zu beachten, dass anderweit bis jetzt eine so weite Ausdehnung der Fremdherrschaft dieser Zeiten, mitten nach Indien hinein, nur von den Indoskythen (speciell von Kanishka) berichtet wird, und es bleibt somit zunächst noch zweifelhaft[1], ob unter den Yavana des Yugapurâṇa nicht vielmehr diese zu verstehen sind, resp. das was von ihnen, den Çaka, gilt, in diesem Texte irriger Weise von ihren Vorgängern, den Yavana, erzählt wird, resp. deren Name auf sie übertragen ist.

Um alles das, was sich von legendarisch-historischen Nachrichten über Yavana-Fürsten der alten Zeit im MBhârata etc. vorfindet, hier zu erledigen, ist noch darauf hinzuweisen, dass der Kâla-Yavana, der »schwarze Y.«[2], ein Name, der den Träger desselben, von den übrigen Yavana allerdings auszuscheiden bestimmt scheint, darin mit Kṛishṇa und mit Garga[3] in speciellen Bezug gebracht wird. — Weiter aber ist zu bemerken, dass der Yavana-König Kaserumant darin ebenfalls in einer feindseligen, resp. untergeordneten Stellung erscheint. Bei dem Namen dieses Kaserumant nun habe ich schon in den Indischen Skizzen, pag. 88. 91 (s. auch akad. Vorl. ind. L. G.² 205) an einen Reflex des Namens der römischen Caesaren gedacht, und Léon Feer hat dann später aus dem buddhistischen Avadânaçataka die Vorstellung von einem: kesarî nâma saṃgrâmaḥ »ordre de bataille césarien ou Romain« (s. Comptes rendus de l'Acad. des Inscr. 1871, p. 47. 56. 60) nachgewiesen. Diese Angaben würden somit in die Zeit gehören, aus welcher die reichen römischen Münzfunde in Indien stammen, gäben resp. einen gewissen legendarischen Hintergrund für dieselben ab.

Endlich sei hier noch die hervorragende Stellung betont, welche die Yavana, im Verein mit den Kamboja, Çaka, Pahlava[4], Balhika[5]

---

[1] s. Ind. Stud. 13, 306—308 akad. Vorl. ind. L. G.² 269.

[2] über die hieran sich knüpfenden Fragen habe ich in den Akad. Vorl. ind. Lit. G.² 237 eingehend gehandelt.

[3] die Familie der Garga, die charakteristisch genug (mit Ausnahme einer Stelle im Kâṭhaka) erst in den spätesten Abschnitten der Brâhmaṇa und Sûtra genannt wird, speciell aber im MBhâshya in den Vordergrund tritt (s. Ind. Stud. 13, 410 fg.), wird von der Legende wiederholentlich mit den Yavana in nähere Beziehung gesetzt. Insbesondere wird ein Vers, der die Yavana als Lehrer in der Astronomie verherrlicht, dem Garga zugetheilt.

[4] über die chronologischen Bedingungen dieses Namens s. Nöldeke's Angabe in meinen akad. Vorl. ind. Lit. G.² p. 338; — danach kann dieses Wort schwerlich vor dem ersten Jahrhundert u. Z. entstanden sein, und gehört somit jedes indische Werk, in dem es sich vorfindet, eo ipso erst in noch spätere Zeit (Pârasîprak. 1, 6).

[5] charakteristisch ist die nur theilweise Übereinstimmung, resp. mehrfache Differenz dieser Völkernamen und derer, die in den aus noch späterer Zeit (etwa dem 2.—4. Jahrh. u. Z.) stammenden Listen der fremden Völker in dem alten Jaina-

etc. im MBhârata wie im Râmâyaṇa einnehmen[1], und welche für die Bestimmung der Abfassungszeit dieser Werke so bedeutsam ist. — Auch die Romaka werden dabei, jedoch nur selten, erwähnt. Unter Romakapura aber, welche Stadt, s. oben p. 906, in der astronom. Litteratur eine specielle Rolle spielt, wie denn auch ein Romakasiddhânta unter den von Varâhamihira (504—87 u. Z.) benutzten Vorlagen erscheint, ist nicht sowohl Rom selbst als vielmehr entweder Alexandrien oder gar schon: Byzanz zu verstehen. Ebenso wohl unter den Rauma des Vishṇupurâṇa[2].

Eine freilich ziemlich abgeblasste Spur davon liegt endlich auch noch in der Verwendung der Yavana-Frauen als unmittelbarer Begleiterinnen des Königs in den Dramen des Kâlidâsa (c. Mitte des 6. Jahrhunderts) vor. Ich habe schon in der Vorrede zu meiner Übers. des Malavikâgnimitram p. XLVII darauf hingewiesen (1856), dass die durch den Periplus maris eurythraei bezeugte Ausfuhr von *παρθένοι εὐειδεῖς πρὸς παλλακίαν*, aus Alexandrien nach Indien, wohl eine der Vorbedingungen für diese eigenthümliche Sitte bildet, wie denn auch noch in den Inschriften des Samudragupta die Lieferung von Mädchen als Tribut, der Seitens des Shâhâṇ Shâhi, Sassaniden-Königs, zu zahlen war, aufgeführt wird[3]. Offenbar feiert hierbei die feinere Gesittung und bessere Bildung der griechischen Hetären einen Triumph. Auf den Einfluss, den diese Mädchen, ihrem Metier gemäss, ausübten, — die indischen Colleginnen mögen bei diesen vom Auslande her geholten Vorbildern immerhin noch, so zu sagen in die Schule gegangen sein — habe ich denn auch bereits vor Jahren[4] einige Einzelheiten in dem Dienst des indischen Liebesgottes zurückgeführt, speciell den Umstand, dass er, wie der griechische Eros, den Delphin im Banner[5] führt, wie er denn auch theils als Sohn der Göttin der Schönheit, die ihrerseits wie die schaumgeborene Aphrodite aus den Wassern emporsteigt[6], theils als Gatte der schämigen Liebeslust erscheint. In einem Relief des Bhuvaneçvara-Tempels in Orissa, anscheinend aus dem 7. Jahrhundert u. Z., schimmert noch das Urbild der Aphrodite, mit Eros und Delphin vereint, freilich arg verunstaltet, durch[7]. — Und noch

Texten enthalten sind; die letzteren zeigen eine noch weit grössere Mannichfaltigkeit, führen resp. speciell auch die Hûṇa, Marunḍa etc. auf. s. Ind. Stud. 16, 237. 303.

[1] s. akad. Vorl. ind. Lit. Gesch.[2] 271. Abhl. über das Râm. p. 23 ff.

[2] WILSON-HALL, 1, 130. Ind. Streifen 2, 359.

[3] im letzten Drittel des 2. Jahrhunderts u. Z., s. LASSEN Ind. Altk. 2, 957 (752).

[4] Pfeil und Bogen scheinen dem Kâma schon aus indischer Quelle her zu gehören, s. Ind. Stud. 5, 285. 286.

[5] s. ZDMG. 14, 269. Akad. Vorl. i. L. G.[2] 269.

[6] dies ist resp. eventual. ein uralter, indogermanischer Zug, der auf die Morgenröthe zurückgeht.

[7] s. Akad. Vorles. ind. L. G.[2] 368 (u. Nachtrag p. 16).

eine andere Vermuthung ist hier anzuschliessen. In für uns zunächst ganz unfasslicher Weise sind die männlichen und weiblichen Kiṃnara, Affen, zu »heavenly choristers« geworden. Dass wirklich das ohrzerreissende Affengekreisch hierbei zu Grunde liegen könnte, ist wohl, selbst wenn man sich auf den Standpunkt indischer Hörer stellt, ausgeschlossen. Ich möchte meinen, dass die κινύρα[1] jener griechischen Mädchen am Hofe der indischen Fürsten dieser sonderbaren Vorstellung zu Grunde liegt; hauptsächlich sind es eben die weiblichen Kiṃnara, die in dieser Stellung erscheinen. — Endlich sei hier noch eine freilich auch wieder sehr kühne Vermuthung[2] erwähnt, wonach in dem Grusswort, mit welchem, der Pâṇinîyâ Çikshâ zufolge, die »Frauen aus Surâshṭra« anzureden pflegten, und für welches ich den dortigen Lesarten gegenüber die Form: kherân zu restituiren vorschlug, gradezu der griechische Gruss (im Infinitiv!): χαίρειν[3] vorliegen würde. Surâshṭra[4] ist derjenige Theil des westlichen Indiens, in welchem sich anscheinend der Einfluss der griechischen Herrschaft am längsten gehalten hat, cf. die Münzen der dortigen kshatrapa-Dynastie[5], die bis in das 2., 3. Jahrhundert u. Z. hinabreichen.

Für die politische Stellung der Griechen in Indien ist schliesslich auch noch die Herübernahme gerade der Wörter συριγξ »unterirdischer Gang, Mine« und χαλινος »Zaum, Zügel, bes. das Gebiss beim Pferdezaum« in das Sanskrit resp. Pâli, cf. suruṅgâ[6] und khalîna[7], von Interesse[8].

Wenn wir hier noch der Vollständigkeit wegen, die nur lexicalisch belegbaren Wörter: yavanapriya Pfeffer, yavaneshṭa Zinn, yâvana Weihrauch anführen, so betreten wir damit allerdings ein Gebiet,

---

[1] s. Akad. Vorl. ind. L. G.[2] 322; κινυρα ebenso wie °ρος °ροιαι wird allerdings eigentlich nur von traurigen, klagenden Tönen gebraucht. Solche werden diese griechischen Mädchen denn wohl aber auch häufig genug haben ertönen lassen!

[2] s. Ind. Stud. 9, 380 (4, 269).

[3] der Infinitiv χαίρειν (geschrieben χεριν, »byzantinische Aussprache«) ist als Grussform statt des Imperativs: χαῖρε inschriftlich mehrfach beglaubigt, s. A. Nauck in seinen »kritischen Bemerkungen V« (1871) in den Mélanges Gréco-Romains 3, 332 der Petersburger Akad. (1874).

[4] Wilson Hindu Th. pref. p. XIX. Monatsber. Berl. Akad. 1871 p. 619.

[5] man hat früher dieser sogenannten Sâh-Dynastie sogar auch die Benutzung der Seleuciden-Aera zugeschrieben (s. Ind. Streifen 2, 267), ist indessen jetzt davon zurückgekommen.

[6] s. m. Abh. über das Râmâyaṇa p. 13. 14.

[7] im ardharcagaṇa zu Pâṇini 2, 4. 31; — eine Regel darüber von Çâkaṭâyana findet sich in Vardhamâna's schol. zu seinem Gaṇaratnamahodadhi 1, 72 (113, 7 ed. Eggeling).

[8] cf. die auf gleichartigen Verhältnissen beruhende Herübernahme politisch-kriegerischer Ausdrücke aus dem Persischen (während der Beziehungen zu den Arsaciden und Sassaniden), s. resp. Monatsber. d. Akad. 1879 p. 463 fg., 810 fg., 922. Sitz. B. 1883 p. 1109, Hâla (1881) p. XVII., Pârasîpr. 1, 7.

auf welchem es sich wohl nicht mehr nothwendig[1] um die Yavana-Griechen, sondern eventual. bereits um die Völker handelt, welche nach ihnen als Erben ihres Namens in die Handelsgeschichte Indiens eingetreten sind. Wohl aber sind hier Wörter wie: kastira[2] κασσίτερος, kastûri[2] καστώρειον, marakata[3] σμάραγδος, drâkshâ[4] ῥάξ, çulvâri[5] sulphur, çriñgavera[6] zingiber u. a. dgl. zu nennen, bei denen jedoch leider über ihre eigentliche Herkunft und Bedeutung, resp. darüber, ob sie nicht theilweise sogar gerade umgekehrt zu erklären, resp. aus Indien entlehnt sind, grosse Unsicherheit besteht. Bei einer ganzen Zahl von Handelsgegenständen ist ja doch jedenfalls die indische Herkunft entschieden gesichert, z. B.[7] bei: ὄπαλος upala, βήρυλλος veluriya[8] (vaidûrya, Vaidûrya), καρυόφυλλον katukaphala[9], κιννάβαρι khinnavâri[9] etc.

Der gewaltige Einfluss, den die Herrschaft der griechischen Könige im Nordwesten Indiens auf die Gestaltung des indischen Lebens ausgeübt hat, zeigt sich besonders entschieden auf dem Gebiete der Baukunst[10]. Durch die Forschungen von Cunningham, Fergusson etc. ist es gelungen, in den erhaltenen Resten alter Bauwerke die dorische (in Kaschmir), jonische (in Taxila), korinthische (in Gandhâra), Herkunft der einzelnen Fürsten zu erkennen, welche je in einer dieser kleinen Satrapien ursprünglich, oder im weiteren Verlauf geherrscht haben.[11] Auch zahlreiche ächt hellenische Basreliefs und Sculpturen sind aufgefunden worden (Apollon mit seinem Dreigespann[12], Scenen bacchischer und silenischer Art etc.). Hier fehlt es leider noch völlig an einer ordnenden und die weitere Verzweigung nach Indien hinein[13] nachweisenden Darstellung. Auch der »Heiligen-

---

[1] s. dazu meine Bem. in den Akad. Vorl. ind. L. G.² 237.

[2] cfr. Kâstirâ Pâṇ. 6, 1, 155 Name einer Stadt; s. resp. Ind. Stud. 13, 367 n.

[3] im Prâkṛit bei Hâla 1887 Vorw. p. XVII.

[4] ? Ind. Stud. 1, 336.

[5] volksetymologisch? Schwefel zerfrisst çuva: Kupfer(?) oder: Stricke(?)

[6] MBh. zu Pâṇ. 2, 1, 1. 35 vârtt.9 Ind. Stud. 13, 471.

[7] s. hierüber meine »Beiträge zur Geschichte der Aussprache des Griechischen«, Monatsber. der Akad. 1871, p. 613 fg. (Indian Antiquary 2, 143 fg. 1873), speciell p. 619.

[8] s. Ind. Stud. 3, 148. 13, 370.

[9] s. Ind. Streifen 3, 121.

[10] s. Ind. Streifen 3, 476.

[11] die makedonisch-griechischen Monatsnamen finden sich nach Cunningham, Dowson etc. (s. Ind. Streifen 2, 277) auf einigen der in arianischer Schrift geschriebenen Inschriften der indoskythischen Nachfolger der Griechen vor.

[12] s. E. Curtius die griechische Kunst in Indien. Archaeolog. Zeitung 23, 90 fg. (1876).

[13] cfr. Aphrodite, Eros, Delphin im Bhuvaneçvara-Tempel, s. oben p. 910. Ind. Streifen 2, 477.

schein«, dem man früher indischen Ursprung zuwies[1], soll nach LUDOLF STEPHANI vielmehr griechischen Ursprungs sein[2].

Speciell ist auch die indische Münzkunst aus griechischem Muster erwachsen[2]. A. v. SALLET's schöne Schrift: Die Nachfolger Alexander's (1878. 1879) giebt eine gute Übersicht über das, was davon noch unmittelbar oder mittelbar griechisch ist[3]. Aber auch hier fehlt es noch an einer Darstellung der weiteren Verzweigung nach Indien hinein. — In einer viel ventilirten Stelle des Mahâbhâshya über die Götterbilder, welche die golddurstigen Maurya zum Verkauf stellten, möchte ich die erste Erwähnung indischer Münzen von indischer Seite her erkennen[4].

Nach J. HALÉVY's neuerdings (1884 fg.) wiederholt aufgestellter Ansicht wäre sogar auch die indische Schrift selbst, wie sie uns zuerst bei Piyadasi vorliegt, aus der griechischen herzuleiten[5]. Mir scheint dies aber wenig glaubhaft und setze ich vielmehr, wie ich dies schon 1855 gethan habe[6], die Wanderung der semitischen Schrift nach Indien und nach Griechenland in die gleiche Zeit, und erkläre daraus die grosse Ähnlichkeit mehrerer der wichtigsten Zeichen[7]. Von Interesse bleibt jedoch immerhin, dass der griechische Name der

---

[1] s. SPENCEHARDY Eastern Monachism p. 416; resp. dazu Ind. Stud. 3, 119.

[2] »über den Nimbus« Petersburg 1859; s. m. Abh. über Kṛishṇa's Geburtsfest (1868) p. 340.

[3] die Wörter: dramma δραχμη und: dînâra δηνάριον sind speciell im Sinne von: Silber-, resp. Goldmünze bis in das 15. Jahrhundert (ja wohl noch weiter hinab) üblich geblieben. — Die Entlehnung von δηνάριον (stets Neutrum) selbst aus lat. denarius datirt, nach einer freundlichen Mittheilung MOMMSEN's, frühestens aus der Zeit des Caesar und Augustus, die zuerst eine für das ganze Reich geltende Goldmünze einführten, die darum eben mit einem lateinischen Worte (gewöhnlich: aureus, aber auch: denarius aureus) bezeichnet wurde. Die Herübernahme des Wortes: dînâra nach Indien, resp. die Einführung desselben in die indische Literatur, hat nun schwerlich alsbald stattgefunden, man kann wohl ziemlich sicher etwa ein Jahrhundert als dazu erforderlich betrachten. Und hieraus ist denn zu folgern, dass kein indisches Werk, in dem das Wort dînâra vorkommt, älter als das zweite Jahrhundert u. Z. sein kann.

[4] s. Ind. Stud. 13, 331. 344-46, oben p. 905 n. 2.

[5] also ganz wie sich OTFRIED MÜLLER seiner Zeit (Gött. Gel. Anz. 1838 p. 252) dem Ausspruche J. PRINSEP's gegenüber stellte, dass die griechische Schrift nur eine umgestülpte (turned topsy turvy) indische sei. Dagegen trat dann aber LASSEN auf in s. »Geschichte der griechischen und indoskythischen Könige« p. 107 fg. (1838).

[6] cf. ZDMG. 10, 389 fg. (1856, geschr. Aug. 1855). Indische Skizzen p. 135 fg. — s. dann noch BURNELL Elements of South Indian Palaeography (1874) resp. dazu wieder Ind. Streifen 3, 349 fg.

[7] jedenfalls ist die weitere Schlussfolgerung, die HALÉVY aus seinem Theorem gegen das Alter der indischen Literatur in's Feld führt, durchaus hinfällig, da die mündliche Überlieferung der alten Texte entschieden in hohes Alterthum hinaufreicht. Über die etwaige Benutzung der griechischen Schrift durch Pâṇini, s. i[illegible]n oben p. 907.

Dinte μελαν, melâ[1], sowohl, wie des Schreibrohres καλαμο, kalama[2], in das Sanskrit Aufnahme gefunden hat; und ich bin fast versucht, auch das Wort pustaka, Buch, als eine Umgestaltung aus einem etwaigen griechischen πυξικον zu erkennen.

Und hiermit gelangen wir denn zu dem wichstigsten Punkte, in welchem griechischer Einfluss in Indien nachweisbar ist, zur Poesie, Wissenschaft etc.

Wir sahen bereits, dass im Epos selbst die griechischen Fürsten als in unmittelbarer Beziehung zu den Trägern der Erzählung stehend aufgeführt werden. Es kann daher nicht mehr befremden, wenn die Frage auftaucht, ob nicht die grossen Analogieen und Übereinstimmungen, welche zwischen dem Mahâ-Bhârata, resp. Râmâyaṇa, und der Ilias und Odyssee bestehen, irgendwie auf eine Kenntniss und Verwerthung der homerischen Sage durch die Vff. der beiden grossen indischen Epen zurückzuführen sind. Schon der Rhetor Dio Chrysostomos, der zur Zeit Trajan's (98—117) lebte, hebt speciell die das MBhârata hierbei betreffenden Einzelheiten hervor, und bezeichnet sie als solche, welche für das Bekanntsein des Homer in Indien einträten. Als ich im Jahre 1851 auf diese Angabe des Dion hinwies[3], war ich meinerseits noch so ziemlich in dem Glauben an das hohe Alter des indischen Epos befangen, und fasste daher diese Angaben nur als ein Zeugniss für das damalige Bestehen des MBhârata auf. Indessen, wie die Sachen zur Zeit liegen, wäre doch immerhin die Annahme einer Benutzung der homerischen Sage auch durch die Verfasser des ältesten, des sogenannten Kampf-, Theiles des MBhâr. vielleicht nicht so ganz ohne Weiteres, abzuweisen. Für das Râmâyaṇa wenigstens glaube ich in der That aus der völlig verschiedenen Fassung, welche die Râma-Sage in der buddhistischen Legende, gegenüber der von Vâlmîki ihr gegebenen, zeigt, das höhere Alterthum der ersteren, und damit die Möglichkeit, dass Vâlmîki für seine Darstellung die homerische Sage benutzt hat,

---

[1] so u. A. in einem Roman (Vâsavadattâ), der allem Anschein nach mit einer milesischen Fabel in Bezug steht, s. im Verlauf.

[2] es handelt sich aber hier nur um kalama in dieser Bedeutung, nicht um das Wort kalama selbst, s. Hâla (1881) Vorw. p. XVII. resp. Monatsber. 1871 p. 623.

[3] s. Ind. Stud. 1, 161 fg. »Denn sogar bei den Indern, sagt man, wird Homer's Poesie gesungen, indem sie dieselbe in ihren eigenen Dialekt und Sprache übertragen haben, so dass auch die Inder ... mit den Leiden des Priamos, mit den Klageliedern und Wehklagen der Andromache zur Hekabe, und mit der Tapferkeit des Achilleus und Hektor wohlbekannt sind«. Die hier ausgelassene, mit ... bezeichnete Stelle handelt davon, dass der grosse Bär in Indien nicht sichtbar sei, und tritt, s. das von mir ad l. Bemerkte, für die Genuinität der ganzen Nachricht, resp. dafür ein, dass sie auf Solche zurückgeht, die Indien durch Autopsie kennen gelernt hatten; s. noch Akad. Vorl. ind. L. G.[2] p. 202.

erwiesen zu haben[1]. Der Patriotismus der Inder ist dadurch arg verletzt worden; man hat mich dahin verstanden, als ob ich das Râmâyaṇa als »copied from Homer« habe bezeichnen wollen. Das ist natürlich meine Ansicht nicht. Aber so gut, wie sich immer mehr herausstellt, dass auch die Buddhisten bereits homerische Sagenstoffe in ihrer historischen Legende verwandt haben, cf. Kirke, Leukothea[2], und trojanisches Pferd[3], so wenig lässt sich a priori die von mir angenommene Möglichkeit in Abrede stellen. Erwiesen freilich ist sie selbstverständlich auch nicht. Bei der Beurtheilung des gegenseitigen Austausches von sagenhaften, epischen Stoffen wird man fast stets nur zu einem subjectiven, selten zu einem objectiven Resultate zu gelangen im Stande sein.

So weit es sich nämlich bei dgl. Übereinstimmungen überhaupt nicht etwa um rein spontane, sozusagen naturwüchsige, Entstehung an beiden Orten handelt, ist hierbei noch zweierlei im Auge zu behalten. Einmal die Möglichkeit, dass es sich speciell bei Übereinstimmungen zwischen dem griechischen und indischen Epos überhaupt gar nicht um Entlehnung von einer oder der andern Seite her, in historischer Zeit handelt, sondern um Reste uralter natursymbolischer Mythenbildung aus alt-indogermanischer Zeit. Zweitens aber ist, gesetzt es liegt Entlehnung in historischer Zeit vor, dann doch noch auch die Eventualität zu erwägen, dass die griechische Sage ihrerseits gar nicht griechischen Ursprunges, sondern selbst anderweiter, resp. für Griechenland orientalischer (für Indien resp. immer noch »occidentalischer«) Herkunft ist, somit auch nach Indien aus derselben Quelle her gekommen sein kann.

Ganz dasselbe was ich hier von den Berührungen in Bezug auf epische Sagenstoffe bemerke, gilt im Übrigen auch von den Gestalten und Stoffen der Erzählungs-Literatur, der Feen- und Zauber-Geschichten, der bei unserer Kinderwelt so beliebten Geschichten (kurz gesagt) der Grimm'schen Märchen, des Folklore. Die indische Literatur ist, speciell durch die Thätigkeit der Buddhisten und, in späterer Zeit, ihrer Rivalen, der Jaina, ganz besonders reich an Werken dieser Art, deren vorliegende Form zum Theil in ziemlich junge Zeit hinabreicht, während klar ersichtlich ist, dass dieselbe auf alten Überlieferungen und verloren gegangenen Werken, die zum Theil gar nicht in Sanskrit, sondern in Volksidiomen abgefasst waren, beruht. Die älteren vorhandenen Werke dieser Art knüpfen mehrfach an den Namen des Çâtavâhana, die jüngeren an den des Vikramâditya

[1] s. meine Abh. »über das Râmâyaṇa« 1870.
[2] s. daselbst p. 13. 17. Ind. Streifen 2, 216. 3, 430. 524.
[3] »über das Râm.« p. 13. 75. Ind. Streifen 1, 370. 3, 16.

an, welche beiden Könige denn zwar von der Tradition gleichmässig mit der Beseitigung der Fremdherrschaft, speciell der Çaka, Indoskythen, in Verbindung gebracht werden, dennoch aber gerade ihrerseits mehrfach mit aus der Fremde stammenden Zügen ausgestattet sind.

Und ganz ebenso gilt das Gesagte auch von einem weiteren Literaturzweige, der ebenfalls grosse Übereinstimmung zwischen Griechenland und Indien aufweist, von der (kurzgesagt) aesopischen Fabel. Man hat einige Zeit lang Indien geradezu für das Mutterland der Fabeln gehalten. Und allerdings trifft dies, auf Grund der seit dem 6. Jahrh. u. Z. erfolgten Übersiedelung indischer Fabelsammlungen nach dem Occident, für viele Thierfabeln, speciell für alle die, welche sozuzagen in den Dienst der Politik, mit dem Zweck als eine Art Fürstenspiegel zu dienen[1], getreten sind, factisch auch zu, so dass hiernach zu den obigen drei, resp. vier Gesichtspunkten, nach welchen dergl. Übereinstimmungen zwischen Indien und dem was für Indien Occident ist, zu erwägen sind, auf diesem Gebiete, resp. für diese Zeit, eben noch dieser fünfte hinzutritt. Für die ältere Zeit aber ist von dem Gedanken, Indien als das Mutterland der aesopischen Fabeln anzusehen, völlig Abstand zu nehmen. Vielmehr macht hier gerade die griechische Form der Fabel (abgesehen, notabene, von der Frage ihrer etwaigen eigenen Herkunft) der indischen gegenüber meist den Eindruck der grösseren Schlichtheit und Ursprünglichkeit. Die in der Thierfabel speciell fungirenden Thiere gehören entweder der indischen Fauna gar nicht vorzugsweise an, oder zeigen doch nicht diejenigen Eigenschaften, welche die Inder an ihnen betonen[2]. Ja, es liegt im Übrigen sogar die Annahme nahe, dass uns im Sanskrit direct zwei der griechischen Fabel entlehnte Wörter vorliegen, dass resp. die Namensform: lopâka für: Schakal (der altindische Name dafür ist: »lopâça«) auf ἀλωπηξ und der Name: kramelaka für Kameel auf καμηλος zurückgeht, Beides einfach auf Grund volksetymologischer Deutung[3]. — Die Buddhisten sind auch hierbei, speciell in ihren jâtaka-Erzäh-

[1] ich möchte fast meinen, dass sogar Machiavelli für seinen: »Principe« (1515) diesen damals gerade eine grosse Rolle spielenden Übersetsungen zu Dank verpflichtet ist.

[2] siehe meine eingehende Darstellung hierüber im 3. Bande der Indischen Studien p. 327 fg. 1855, sowie Th. Benfey's treffliche Einleitung und Noten zu seiner Übersetzung des Pañcatantra (1859).

[3] s. Ind. Stud. 3, 336 Monatsber. d. Berl. Akad. 1871 p. 619; beide Wörter sind im Übrigen selten, werden jedoch in den koça speciell verzeichnet. Für kramela wollte Lassen Ind. Altk. 1, 299 n 3 semitischen Ursprung annehmen; dagegen tritt indessen die Endung: ela entschieden ein.

lungen, die eigentlichen Träger dieser Einwanderung occidentalischer Stoffe nach Indien gewesen.

Handelte es sich im Bisherigen wesentlich um volksthümliche Stoffe und um deren so zu sagen gesprächsweise Aneignung, so scheint doch auch eine Kunstform der griechischen Literatur, der griechische Roman nämlich, in Indien direct Eingang gefunden zu haben. PETERSON confrontirt in der Vorrede zu seiner Ausgabe von Bâṇa's Kâdambarî (1883) p. 101 fg. den Styl des Autors direct mit dem des Alexandriners Achilles Tatius (AD 450). Und in meinen Bemerkungen dazu in DLZ 1884 p. 120 habe ich denn theils auf die παρθένοι εὐειδεῖς, resp. die Yavana-Mädchen an den Höfen der indischen Könige, als die vermuthlichen Träger einer solchen, ihrem Gewerbe so ganz entsprechenden Vermittelung milesischer Liebesgeschichten hingewiesen, theils speciell auch auf die stofflichen Beziehungen, welche zwischen der Vâsavadattâ des Subandhu, eines Vorgängers des Bâṇa, und einer Erzählung bei Athenaeus (13, 35) bestehen[1], aufmerksam gemacht, wie denn auch die in beiden Autoren, bei Subandhu wie bei Bâṇa, vorliegende Belebung einer steinernen Statue durch Umarmung speciell an Pygmalion erinnere.[2] Von besonderem Interesse in dieser Beziehung ist nun aber weiter, dass sich in der Vâsavadattâ bei einer jener in dem hierbei üblichen bombastischen Style gehaltenen Tiraden das Wort: Dinte direct durch melâ μελαν gegeben, findet (Vâsavad. p. 239), während die betreffende Vorstellung selbst: »wenn der Himmel zum Blatt, das Meer zum Dintenfass (melânanda), der Schreiber zum Brahman . . . würde, könnte er doch die Liebespein, die sie deinetwegen ausgestanden hat, nicht in vielen yuga-Tausenden beschreiben» noch gegenwärtig in neugriechischen Liebesliedern populär ist[3] und, da sich Ähnliches, nach HALL auch im Qorân (18, 109) etc. vorfindet[4], vermuthlich bereits auch in die milesische Literatur zurückreicht.

Es scheint mir angemessen, hier, ehe ich weiter gehe, eine kurze Übersicht über das einzuschalten, was mir gerade noch von Übereinstimmungen griechisch-occidentalischer Erzählungs-Stoffe mit indischen zur Hand ist, ohne dass ich es übernehme, dabei im Einzelnen die fünf Gesichtspunkte, um die es sich dabei handelt (1. naturwüchsig, 2. indogermanisch, 3. occidentalisch, 4. griechisch, 5. aus Indien

---

[1] cf. ROHDE der griechische Roman p. 45. 51 Pârasiprakâça 1, 10.
[2] s. Ind. Streifen 1, 378. Ind. Stud. 3, 345.
[3] s. R. KÖHLER in BENFEY's Orient und Occident 2, 548:
τὸν οὐρανὸ κάμνω χαρτί τὴν θάλασσανμελάνη (melânanda, Vâsavad.), νὰ γράψω τὰ πειτματικὰ . . .
[4] Einl. zur Vâsavad. p. 39, s. Ind. Streifen 1, 377[n].

nach dem Occident gekommen) zu unterscheiden, da dies eben mehrfach z. Z. überhaupt nicht gut thunlich ist. Wohl aber gruppire ich dieselben wenigstens im Allgemeinen in einer gewissen chronologischen Reihenfolge.

Die durch die vergleichende Mythologie als der indogermanischen Zeit, oder doch einzelnen Stufen derselben, angehörig erschlossenen mythisch-natursymbolischen Gestalten der Sagen- und Märchen-Welt reichen auch in Indien noch bis in die letzten Ausläufe der Literatur hinab. Der Sonnen-Vogel, Falke, Vogel Greif, Garuḍa, Suparṇa, der die Schlangen, die Symbole der wolkigen Umnachtung und Finsterniss, zerstückt S[1] 3, 334, Str 3, 18. 433, — die Schlangen selbst als Hüter verborgener Schätze S 3, 334. 342. — der getreue Eckard (Waldhüter, Förster), der vor dem nahenden Ansturm der wüthenden Schaaren warnt und den himmlischen Soma hütet (somapâla, gandharva) Sz 1888, 14. 15, — die Schwanjungfrauen mit ihrem Nebelschleier S 1, 197. 13, 135. 15, 257. Str 2, 178, — die Elben und Nebelgeister, die im Schatten des Waldes unter den hohen Bäumen in goldenen Schaukeln sich wiegen, tanzen und singen S 13, 135, — die Wichtel und Kobolde in Haus und Flur S 14, 329. 357. 17, 287-89, — die Buhlkobolde S 5, 255. 456. 13, 137. 184, — der Jungbrunnen Str 1, 13 — der Wunschbaum, der wie dem Aschenbrödel, so auch der Çakuntalâ (v. 100 ed. Pischel) die goldenen Kleider schüttelt, — die Wunsch-Kuh oder Wunsch-Ziege S 5, 442, — das sind alles uralte, indogermanisch-vedische Vorstellungen. Und dazu gehört, was sich besonders bei unserm Volk noch so reichlich an abergläubischen Vorstellungen, Sitten und Bräuchen, und daran sich knüpfenden, darauf fussenden Sagen aller Art erhalten hat, besonders in Bezug auf Zauberwesen, also Verzauberung von Personen (Prinzen, Prinzessinnen!) und Orten (Schlösser), Besprechung von Krankheiten etc., Zaubermittel aller Art, wie Zauber-Besen, -Gürtel, -Kappe, -Mantel, -Pferd, -Säckel, -Salbe, -Schuhe, -Schwert, -Spiegel, -Stab, -Stein etc. Gerade auf diesem Gebiete ist es aber ungemein schwer, Altes und Neues aus einander zu halten. Es liegt in vielen dieser Fälle nahe, Indien als die Quelle dafür anzusehen, wie ich dies denn auch selbst früher theilweise gethan habe, s. Sk. p. 111, indessen — die Griechen und Römer haben ein gutes Theil dieser Dinge auch bereits gekannt, s. Preller griech. Mythologie 2, 46. 85. Hier steht noch ein volles, reiches Feld der Untersuchung offen, s. S 15, 339.

[1] der Kürze halber brauche ich hier folgende sigla: M Monatsberichte der Berliner Akademie. R meine Abh. über das Râmâyaṇa. S Indische Studien, Sk Indische Skizzen. Str Indische Streifen. Sz Sitzungsberichte der Berliner Akademie. V akad. Vorlesungen über indische Literatur-Geschichte, zweite Auflage.

Ad. Holtzmann (sen.) u. A. haben auch in der Sage des MBhârata, in den Kämpfen zwischen den Kuru und den Pâṇḍava einen directen Reflex der alten Kämpfe zwischen den Genien des Lichtes und der Finsterniss erkannt, sind dabei jedoch im Einzelnen viel zu weit gegangen, s. Str. 2, 73. S. 1, 415. — Ebenso hat J. Grimm in der deutschen Thiersage einen indogermanischen Hintergrund gesucht und dafür speciell die indische Fabel verwerthet, s. dagegen S. 3, 363; mythische Grundlage ist resp. bei einzelnen Fabeln wohl nicht in Abrede zu stellen, s. S. 15, 257.

Von in historische Zeit hinein reichenden, resp. nach Indien eingewanderten occidentalischen Erzählungs-, resp. Sagen-Stoffen seien die folgenden genannt: die Schatzkammer des Rhampsinit Str. 2, 368, die List des Zopyros S. 3, 356 Sk. 111, — die menschenköpfigen Löwen von Ninive S. 9, 64. 65, — des klugen Knaben Cyrus Richtertalent S. 15, 406, — die Vernichtung des Heeres des Nebukadnezar S. 15, 455, — die Fluthsage Str. 2, 24. 3, 597, — die Orion-Sage S. 9, 452, — die Zwölften S. 5, 440. 10, 242-3. 17, 225, — der Durchzug durch das rothe Meer[1] (?) Sk. 111, — die Opferung des eigenen Sohnes S. 14, 123, — das goldene Kalb und Mammon[2], — die redenden Figuren an Salomo's Thron 15, 215. 217, — Salomo's Richterspruch Sk. 111, — Uriasbrief M. 1869 42 fg. S. 15, 308 Str. 2, 337, — Jonas im Fisch Sk. 111, Str. 2, 368, — die Himmels-Scene im Hiob S. 15, 413 Verz. Berl. S. H. 2, 1099, — die Achillesferse Sk. 111 Sz. 1887 907, — Alkestis R. 18. 19, — Amor und Psyche Str. 3, 54, — Andromeda S. 15, 215. 348. Str. 2, 368, — der Raub des Ganymedes S. 1, 38. 9, 41, — der Sonnenflug des Ikaros R. 36 S. 15, 375, — Jason-Sage (gegenseitige Tödtung der aus der Drachenzahnsaat entstandenen eisengepanzerten Männer) Sz. 1887 907, — Orpheus und Eurydike S. 1, 418, — Kraut Nepenthes R. 15, — wandernde Frucht S. 15, 210 fg., — »Bürgschaft« S. 15, 350, — »Gang nach dem Eisenhammer« (Sk. 111) M. 1869 26. 45 fg., — sibyllinische Bücher[3], Verbrennung Rom's durch Nero Sk. 111, — Virgil's culex S. 3, 354, — Kahlkopf und Mücke S. 4, 392, — Menenius Agrippa S. 1, 388 3, 369. 370 (!), — Über christliche Sagenstoffe siehe im Verlauf.

Kâlidâsa's Çakuntalâ hat gleich bei ihrem ersten Erscheinen zu der Frage, ob dabei ein Einfluss seitens des classischen Drama's anzunehmen sei, Anlass gegeben, und auch ich habe mich meinerseits

---

[1] Josua's Gebot an die Sonne, in Japan, R. 18.

[2] nach einer brieflichen Mittheilung von E. Leumann, im Âvaçy. 9, 49; s. auch Verz. der Berl. S. H. 2, 1120.

[3] Kathâsaritsâgara 8, 29.

schon im Jahre 1851[1] in bejahendem Sinne ausgesprochen. Dagegen hat Lassen den selbständigen Ursprung des indischen Drama's aus religiösen Festspielen (nach Art unserer Passionsspiele) behauptet, und diese Annahme hat in neuerer Zeit durch die in dem Mahâbhâshya enthaltenen entsprechenden Angaben, siehe Ind. Studien 13, 490 fg., glänzende Bestätigung gefunden. Zwischen den dort geschilderten einfachen und grotesken Anfängen aber[2] bis zu dér Vollendung, welche das indische Drama bei Kâlidâsa, Mitte des 6. Jahrhunderts u. Z., zeigt, muss eine lange Stufenfolge von Zwischenstadien angenommen werden, und hierbei ist es denn, wo dem etwaigen Einfluss des griechischen Drama's Thür und Thor offen steht. In Alexander's Heer befanden sich zahlreiche Jongleurs, Gaukler, Schaukünstler und Schauspieler aller Art. »Er[3] benutzte die dramatische Kunst als Mittel zur Hellenisirung der Welt«, und liess wiederholt griechische Dramen zur Ergötzung seines Heeres, zur Aufführung bringen. Er liess sich, nach Plutarch's Zeugniss, den Sophokles, Euripides und Aeschylus nach Indien nachschicken. Seine Generale und Satrapen, welche nach ihm in den griechisch-baktrischen Reichen als Könige herrschten, sind allem Anschein nach seinem Beispiele gefolgt. Plutarch berichtet, dass die »Kinder der Perser, Susianer und Gedrosier« die »Tragödien des Euripides und des Sophokles sangen« und dies ist denn wohl eben einfach in dem angeführten Sinne zu deuten[4]. Dass solche Aufführungen dann nicht verfehlt haben können, auf Geist und Gemüth der ihnen zuschauenden, für das Schöne so empfänglichen Inder befruchtend einzuwirken, liegt auf der Hand. Acht Jahrhunderte liegen zwischen dieser Zeit und der Zeit des Kâlidâsa. Es kann daher[5] nicht befremden, wenn die schöpferische Kraft der indischen Dichter im Wesentlichen die Spuren verwischt hat, welche auf jene Befruchtung hinweisen könnten. Und doch sind dieselben keineswegs gänzlich verloren. Nachdem schon Edvard Brandes in der Vorrede zu seiner (dänischen) Übersetzung des einzigen Drama's, welches den Dramen des Kâlidâsa den Rang der Priorität streitig macht, der Mṛicchakaṭikâ, speciell auf die attische Komödie als hierbei besonders im Auge zu haben, hingewiesen hatte, Kopenhagen 1870, hat später, ohne hiervon Kenntniss zu haben, Ernst Windisch in einer eingehenden Untersuchung, Verhdl. des Berliner Orientalisten-Congresses 1881 II.

---

[1] s. Ind. Stud. 2, 148 (das erste Heft erschien im März 1851).
[2] zu denen das moderne Indien in seinen heutigen Yâtrâ-Spielen wieder zurückgekehrt ist.
[3] s. Otto Ludwig »Dionysische Künstler« 1873 p. 104.
[4] s. das Vorwort zu m. Übersetzung des Mâlavikâgn. XLVII.
[5] s. Ind. Stud. 14, 193 fg.

1-106, diese Frage speciell erörtert. Ich selbst habe unter Anderem auch auf den Namen yavanikâ »die Griechische«, als Name des Bühnenvorhanges hingewiesen[1], sowie neuerdings noch darauf, dass der Name: vidûshaka »Verderber, Verunreiniger« nicht sowohl auf diejenige Rolle passt, welche diesen Namen im indischen Drama führt, als vielmehr auf diejenigen, welche der δοῦλος, servus in der antiken Komödie[2] einnimmt.

Was sodann die Wissenschaften betrifft, so ist es vor Allem die Astronomie, in welcher der griechische Einfluss hell und klar zu Tage tritt. Die indischen Astronomen selbst geben die Yavana ausdrücklich als ihre Lehrer an. Unter den fünf alten Siddhânta, welche der Astronom Varâhamihira (AD 504-87) speciell benutzt hat[3], sind zwei, der Puliça- und der Romaka-Siddhânta, welche schon durch diese ihre Namen direct hierfür eintreten (unter Puliça ist resp. wohl Paulus Alexandrinus zu verstehen). Dass der vorliegende Sûrya-Siddhânta den asura Maya (und zwar wie es dann weiterhin heisst: aus Romaka pura) als den ersten Begründer der Astronomie hinstellt, und dass ich darunter den griechischen Astronomen Ptolemäos verstehe, habe ich bereits oben (p. 906) erörtert. Auch den Namen des Manetho, des Autors der Apotelesmata, habe ich[4] in dem des Maṇittha (Mânimdha), und einen: Aphroisios oder: Speusippos hat man[5] in dem Namen des Yavana-Lehrers (Yavaneçvara) Asphuji(d)dhvaja (resp. Sphujidhvaja), zu erkennen gemeint. Während die älteste Stufe der indischen Astronomie, vermuthlich auf babylonischer Grundlage ruhend, sich mit dem Monde und seinen Stationen (nakshatra) beschäftigt, wendet sich die unter griechischem Einfluss stehende folgende Phase derselben speciell den Planeten[6] und

---

[1] s. Ind. Skizzen p. 85 ZDMG 14, 269.

[2] s. Sitz. Ber. der Kön. Akad. 1887 p. 909.

[3] cf. die Herausgabe der Pañcasiddhântikâ durch G. THIBAUT (Benares 1889).

[4] s. akad. Vorl. [2] p. 278.

[5] KERN, Vorrede zu s. Ausgabe (1865) von Varâhamihira's Bṛihatsaṃhitâ p. 48, resp. Bhâu Dâjî im Journal R. A. Soc. 1, 409 (1869).

[6] doch waren dieselben den Indern auch schon vorher bekannt, denn sie kommen bereits auch in den ältesten astrologischen Texten, den Atharva-Pariçishṭa, vor, und zwar in einer anderen Reihenfolge, als der griechischen (s. Verz. Berl. S. H. 2,92 n. 2, 98 n. 1). Doch ist diese letztere daselbst auch schon (s. ibid p. 92 n. 1) gekannt. Nach ihr richtet sich dann weiter auch die indische Reihenfolge der Wochentage ebenso wie bei uns. Benannt aber sind die Planeten (und dies tritt zu zweit dafür ein, dass dieselben schon von älterer Zeit her den Indern bekannt sind) nicht nur mit den griechischen oder diesen entsprechenden Namen, sondern auch mit einer ganz anderen selbstständigen Nomenclatur. Mars heisst theils: der rothe, theils: Sohn der Erde, Mercur: Budha, Sohn des Soma (Mondes), Jupiter: Bṛihaspati, Sohn des Añgiras, Venus: Sohn des Bhṛigu, Saturn: Sohn der Sonne. Sonne und Mond sind wie bei den Griechen die Träger der beiden ersten Wochentage.

der Sonne resp. dem Zodiacus zu. Die unmittelbare Folge davon ist die Berichtigung der bis dahin gültigen Kṛittikâ-Reihe der nakshatra, welche einem Taurus-Zodiacus entspricht, in die dem Aries-Zodiacus entsprechende Âçvini-Reihe gewesen[1]. Es sind im Übrigen nicht nur die Namen der Planeten und der Zodiacalbilder in unmittelbarer Transscription in das Sanskrit übergegangen und zum Theil darin bis in die neueste Zeit hinab lebendig geblieben, wie z. B. âra Ἄρης und heli ἥλιος, sondern es sind auch zahlreiche griechische termini technici demselben incorporirt[2] und z. Th. sogar in die poetische Sprache aufgenommen worden, z. B. jâmitra (διαμετρον) in Kâlidâsa's Kumârasambhava. — Nach H. Jacobi ist es speciell die durch Firmicus Maternus (336-354 u. Z.) erreichte Stufe der antiken Astrologie, welche z. B. den bei Kâlidâsa vorkommenden Anschauungen der Art zu Grunde liegt[3].

Auch in Bezug auf die Arithmetik und Algebra, in der die Inder bekanntlich Grosses geleistet haben, war schon Colebrooke (Misc. Ess.[2] 2, 401. 446) geneigt, griechischen Einfluss, speciell den des Diophantus, anzunehmen. Dagegen tritt aber Rud. Hörnle in dem Vorwort zu seiner trefflichen Bearbeitung, eines im Gâthâdialekt verfassten, anscheinend buddhistischen, arithmetrischen Textes, den er in das dritte, vierte Jahrh. u. Z. setzt, entschieden für »the entirely native origin« der indischen Arithmetik ein[4].

Nun würde zwar die von Woepcke[5] angenommene Übereinstimmung in Bezug auf das von Buddha bei seinem Braut-Examen gelöste Exempel (betreffs des Atomen-Inhaltes eines Yojana) mit dem sogenannten Arenarius des Archimedes (287-212 v. Chr.) sich, im Fall ihrer Bewahrheitung, einfacher durch die Annahme, dass hier die buddhistische Angabe, deren Alter keineswegs feststeht, auf Entlehnung beruhe, als durch die von Woepcke angenommene Entlehnung von Indien her, erklären lassen[6]. Auch ist in neuester Zeit sogar eine, freilich in ihrer vorliegenden Form erst auf den Anfang des vorigen Jahrhunderts zurückgehende Sanskrit-Bearbeitung der Elemente des Euklid, auf-

---

[1] s. Ind. Stud. 9. 429.

[2] s. Ind. Stud. 2. 254. akad. Vorl. i. L. G.[2] 272. 273.

[3] »de Astrologiae Indicae horâ appellatae originibus« Bonn 1872; horâ selbst ist ὥρα.

[4] Verh. des 7. intern. Or. Congr. 2, 127—147 (Wien 1888), speciell p. 133 fg.; — das betreffende, sehr schwer lesbare Mspt., dessen Entzifferung Hörnle zu grosser Ehre gereicht, ist etwa aus dem 8—10 Jahrh.

[5] mém. sur la propagation des chiffres indiennes Paris 1863.

[6] s. Ind. Stud. 8, 325. 437 ak. Vorl. ind. L. G.[2] 274; — oder ob etwa beiderorts auf babylonischem Einfluss basirend?

getaucht. Die Nachrichten darüber sind jedoch z. Z. noch sehr unbestimmt[1], und es steht in keiner Weise fest, ob diese Bearbeitung auf einer älteren dgl. beruht, deren Entstehung ihrerseits in alte Zeit hineinreicht, oder ob sie nicht einfach überhaupt nur eben dem Beginn des vorigen, resp. des 16ten, Jahrhunderts selbst angehört, somit erst durch modern-europäischen Einfluss[2] vermittelt ist? Immerhin ist dieselbe schon darum von Interesse, weil der fremde Stoff darin ganz in indische Form gegossen ist, was eine vortreffliche Parallele bietet für ähnliche Vorgänge der alten Zeit.

Neben solchen etwaigen, eben doch sehr zweifelhaften griechischen Einflüssen nun sind die Inder auf dem Gebiete der Arithmetik, Geometrie etc. jedenfalls auch ihre eigenen Wege gegangen. Die ältesten, ziemlich sonderbar abgefassten Regeln über Combinationen und Permutationen nämlich schliessen sich in ungezwungener Weise an metrische Fragen der Art an; wie viele Variationen wohl sich für ein Metrum von 2, 3, 4 und mehr Silben auf Grund der verschiedenen Quantitäten dieser Silben ergeben?[3]; und dabei ist denn fremder Einfluss kaum irgend anzunehmen. — Ebenso wenig wohl auch bei den in den sogenannten çulvasûtra »(Mess-) Schnur-Regeln« enthaltenen Angaben über die Art und Weise, wie bei der Errichtung eines Feuer-Altars aus Backsteinen, in mannichfachen Formen resp. Gestalten, die Modificationen der regulären Vogel-Gestalt desselben in fest geordneter Weise herzustellen seien. Um diese Variationen der Gestalt, z. B. als Wagenrad, viereckiger oder runder Trog etc., unter den gegebenen Restrictionen in richtigem Verhältnisse herzustellen, hatte man sehr mannichfache geometrische Versuche, resp. Processe, vorzunehmen, und gelangte só, in rein experimenteller Weise, u. A. zur Auffindung und factischen Verwerthung des von den Griechen dem Pythagoras zugeschriebenen Satzes von dem Verhältnisse der Hypotenuse zu den beiden Katheten, ja sogar zu Versuchen zur Quadratur des Kreises[4].

In Bezug hierauf nun hat L. v. Schröder neuerdings (1884) die Behauptung aufgestellt, dass Pythagoras neben anderen Dingen auch jenen nach ihm benannten Lehrsatz von den Indern entlehnt habe. Hiergegen ist indessen zunächst zu bemerken, dass in keiner Weise

---

[1] ein junger Hindu, H. H. Dhruva, Vertreter des Mahârâja von Baroda, berichtete darüber im Sept. vor. J. in einer Sitzung des achten internat. Orient. Congresses in Stockholm/Christiania.

[2] man hätte dabei etwa an die Jesuiten-Patres am Hofe des Kaiser's Akbar (1556-1605) zu denken?

[3] s. Ind. Stud. 8, 425-32 Colebrooke Misc. Ess.[2] 2, 97; — die Darstellung hat eine gewisse Ähnlichkeit mit der des von Hörnle bearbeiteten Textes, mit dem ihnen ja auch das Wort rûpa in der Bedeutung: Eins (Hörnle p. 131) gemeinsam ist.

[4] s. G. Thibaut the sulvasûtras 1877; cf. dazu Ind. Streifen 3, 485.

feststeht, in welcher Zeit jene çulvasûtra, die ihrerseits nur einen Appendix zu einigen der sogenannten çrauta-sûtra des Yajurveda bilden, zu setzen sind? ob sie resp. wirklich als vor-Pythagoräisch gelten könnten? Die Blüthezeit des Pythagoras wird gewöhnlich zwischen 540—500 v. Chr. gesetzt. Dies ist immerhin für Indien ein bischen hoch! Nun beruhen ja diese Regeln selbst allerdings ihrerseits auf einer alten praktischen Übung. Dámit aber wird denn doch nicht beglaubigt, dass déren Träger auch bereits im bewussten Besitze derjenigen Vorstellungen waren, die man dann im Verlaufe eben aús ihrer Praxis gezogen und in die Form bestimmter Regeln gebracht hat. — Sodann aber ist ja überhaupt ein Schluss auf Entlehnung, da, wo es sich um richtige Resultate handelt, durchaus nicht irgendwie erforderlich. Richtige Resultate können sehr wohl an verschiedenen Orten, ganz unabhängig von einander, gefunden werden. Nur dá, wo es sich um unrichtige resp. willkürliche Ansätze und Vorstellungen handelt, ist es schwierig anzunehmen, dass man in verschiedenen Ländern sollte selbständig auf die gleiche Idee, resp. Phantasie verfallen sein; und dábei liegt dann die Annahme einer Entlehnung von der einen oder anderen Seite her, nahe. — Jene Vorschriften der çulva-sûtra stehen im Übrigen, um dies noch zu erwähnen, in Indien ganz vereinzelt da, haben allem Anschein nach da keine Weiterbildung erfahren. — Auf die angebliche indische Schülerschaft des Pythagoras kommen wir im Verlauf nochmals zurück.

Auch die indische Medicin scheint nicht unbeeinflusst von der griechischen geblieben zu sein. Von den früheren Träumereien über das hohe Alter der indischen Medicin, die in ihrer Naivität so weit gingen, einen Ausspruch Wilson's, der als äusserste Grenze für die Abfassungszeit eines ihrer Textbücher das Jahr 1000 ansetzte, auf das Jahr 1000 vor Christus statt nach Christus zu beziehen, ist man längst zurückgekommen. Haas freilich, welcher den Suçruta als nicht nur von der griechischen, sondern sogar von der arabischen Medicin beeinflusst auffasste, ist zu weit nach dem anderen Extrem hinübergegangen[1]; obschon ja immerhin nicht ausgeschlossen bleibt, dass, ähnlich wie bei der Tâjaka-Stufe der indischen Astronomie, so auch einzelne moderne indisch-medicinische Werke unter moslemischem Einfluss abgefasst sein können[2]. — Die Frage über die Tragweite des griechischen Einflusses auf die alten Texte der Art, bedarf nun aber allerdings doch erst noch einer eingehenden Prüfung. Rudolf Roth

[1] s. ZDMG 30, 617 (1876). 647 (1877), und dazu Aug. Müller ibid. 34, 465 (1880), sowie Ind. Streifen 3, 593.

[2] s. Pârasiprak. 1, 8. 9.

hat in ansprechender Weise[1] auf die Verwandtschaft des Asklepiaden-Eides mit der Lehre des Caraka über die Pflichten der Ärzte hingewiesen. Die Identität der Lehre von den drei humores[2] ist augenfällig. Sollten sich denn weitere dergleichen Coincidenzen herausstellen, so wird jedenfalls seitens der Chronologie kein Einspruch gegen eine Ableitung derselben aus griechischen Quellen erhoben werden können[3].

Was endlich die Philosophie und die für Indien kaum davon trennbaren religiösen Vorstellungen, anbelangt, so lassen die Nachrichten der Griechen keinen Zweifel darüber, dass die indischen Asketen, γυμνοσοφισταί, ὑλόβιοι einen tiefen Eindruck auf Alexander und seine Begleiter gemacht haben. Die Selbstverbrennung des Kalanos in Athen, rief dann staunende, wenn auch zugleich mitleidige Bewunderung hervor. Auch unterliegt es wohl keinem Zweifel, dass die Lehren der alexandrinischen Neu-Platoniker[4] wie Neu-Pythagoräer speciell auch die Lehren des Philo von Alexandrien und die von ihm wieder ressortirende Lehre vom λόγος[5] im Johannes-Evangelium, indische Züge tragen, resp. als von indischer Seite her befruchtet erscheinen.

In noch frühere Zeit hinauf zu gehen, und auch die Lehre des Pythagoras von der Metempsychose aus Indien herzuleiten, erscheint mir dagegen als bedenklich. L. v. Schröder, der dies neuerdings befürwortet hat, geht zwar nicht so weit, wie einer seiner Vorgänger, der sogar den Namen des Pythagoras geradezu aus: Buddhaguru erklären wollte[6], aber er nimmt eben doch direct an, dass die Seelenwanderungs-Lehre des Pythagoras von Indien, resp. vom Buddhismus her stamme. In der That würde nur Letzteres anzunehmen sein, denn vor Buddha hat diese Lehre in Indien, wie es scheint, überhaupt nicht bestanden, während sie bei ihm einen Eckstein seiner für das Volk bestimmten Predigten (speciell der jâtaka-Legenden) bildet. Nun ist aber die immerhin noch nicht mit voller Sicherheit festgestellte Zeit Buddha's, der chronologisch fixirten Zeit des Pythagoras gegenüber (540—500) eben dárum eher im Nachtheil als im Vortheil, zum Mindesten ihr ziemlich gleichstehend. Und es erscheint somit rein a priori in hohem Grade bedenklich, ihn als Lehrer des Pythagoras, diesen als seinen Schüler, hinzustellen. Da an eine directe Beziehung der Art nicht zu denken ist,

[1] ZDMG. 26, 448 (1872); s. akad. Vorl. ind. L. G. p. 287.
[2] allerdings schon im vârttika zu Pâṇ. 5, 1, 38, s. Ind. Stud. 113, 462.
[3] s. Stenzler's ähnliche Worte, citirt in den akad. Vorl. ind. L. G² 285.
[4] Lassen, Ind. Altk. 3, 417 fg.
[5] s. Ind. Stud. 9, 173-80.
[6] ähnlich wie ein Anderer das lateinische flamen [flagmen, cf. flamma] mit brahman identificirt hat!

sondern nur an mittelbare, über Aegypten oder Persien hinweg, so gehören dazu doch wohl, wenn man die Langsamkeit des Weltverkehrs in den damaligen Zeiten erwägt, mindestens mehrere Jahrzehnte, wenn das reicht!. — Nun liegt aber ferner die Lehre von der Seelenwanderung selbst dem menschlichen Geiste, zur Ausgleichung der Unbillen des irdischen Lebens, als Belohnung resp. Strafe für die Handlungen der Menschen, so nahe, ist geradezu eine so zu sagen so naturwüchsige Vorstellung, dass sie, obschon ja von ihr nicht das Gleiche gilt, wie von dem sogenannten pythagoräischen Lehrsatze, dass sie nämlich ein richtiges Resultat biete, dennoch sehr wohl von verschiedenen Völkern in verschiedenen Theilen der Erde selbständig aufgestellt worden sein kann[1], ohne dass dabei an eine gegenseitige Entlehnung gedacht werden müsste.

Wenn wir dagegen[2] bei Sokrates (Gorgias) für Gesetze und Lebensarten τὰ καλά, ὠφέλιμα, ἡδέα, oder in lateinischer Ausdrucksweise das: honestum, utile, dulce als dafür maassgebend vorfinden, so ist dies theils eine so nahe Übereinstimmung mit den drei indischen Lebenszielen: dharma, artha, kâma, theils trägt diese Aufzählung eine so individuelle Färbung, dass es zum Mindesten schwer fällt, hierbei an unabhängige Aufstellung beiderseits zu denken. In Indien nun ist diese Trias nicht in alter, sondern erst in secundärer Zeit nachweisbar, so dass ich nicht anstehe, hier dem Plato den Vorrang zu geben. Bei den Buddhisten und Jaina, die sie speciell betonen (die Brâhmaṇa kennen sie in der vedischen Zeit noch nicht), stehen im Übrigen zwei dieser Wörter: dharma und artha auch anderweit sehr häufig in Verbindung mit einander aber in ganz anderer Bedeutung (dharma Gesetz, Vorschrift; artha: Sinn, Bedeutung des dharma) als in derjenigen, welche sie in dieser ihrer Verbindung mit dem dritten Worte: kâma haben, so dass schon hiermit für diese Trias ein fremdartiges Moment den Hintergrund zu bilden scheint. So gut wie griechische Fabeln ihren Weg in die Jâtaka-Legenden Buddha's gefunden haben, ebenso

---

[1] wir finden sie bei den Aegyptern, Kelten, Griechen, Indern (Ind. Streifen 1, 20). — Dámit dass es sich bei ihr speciell um ein Postulat der ausgleichenden Gerechtigkeit handelt, ist eo ipso die Identität der seelischen Substanz, des wandernden Subjectes, des Individuums, bedingt. Und dass dies, beiläufig bemerkt, auch Buddha's eigene Anschauung war (während die buddhistische Doctrin darin im Verlauf andere Bahnen gewandelt ist), geht klar genug aus dem solennen Schluss der meisten jâtaka-Erzählungen hervor: »der und der war ich, und der und der warst du«; diese rein praktische Wendung macht ganz den Eindruck eine originale, auf Buddha's Predigtweise zurückgehende zu sein, s. Ind. Streifen 3, 375. 376.

[2] s. Ind. Studien 17, 79.

gut kánn dies auch platonischen Ideen passirt sein[1]. — Vielleicht liegt sogar noch die Brücke dazu vor. Sollten nämlich die in dem Milinda-pañha enthaltenen Dialoge des Yavana-Königs Milinda (Menander) mit dem buddhistischen Priester Nâgasena, nicht irgend wie mit den platonischen Dialogen in Connex stehen? nicht so zu sagen ein absichtliches indisches Paroli[2] ihnen gegenüber darstellen?

Im vorstehenden Falle handelt es sich nun nicht sowohl um eine den eigentlichen Systemen der indischen Philosophie angehörige Doctrin, als vielmehr um eine so zu sagen volksthümliche Anschauung. Indessen gerade auch für jene stehen die literargeschichtlichen Chancen derselben denen der alten griechischen Philosophie gegenüber sehr ungünstig, da sie ja sämmtlich erst in viel spätere Zeit gehören als diese. Und wo daher in irgend welcher Richtung eine só specielle Übereinstimmung zwischen der alt-griechischen und der indischen Philosophie statt findet (also eventualiter z. B. in Bezug auf die in Indien im Verlauf allerdings sehr eigenthümlich entwickelte Atomen-Lehre), dass diese Übereinstimmung nicht als spontane, selbständige Geistes-Production beider Völker betrachtet werden kánn, wird man wohl stets an Entlehnung aus Griechenland her zu denken haben[3].

Ein Beispiel des Gegentheils möge denn freilich gleich hier folgen, doch handelt es sich dabei allerdings auch wieder nicht sowohl um eine der philos. Doctrin und Systematik, als vielmehr um eine dem Volksgemüth angehörige Anschauung. Wir finden in Indien neben der obigen Trias der menschlichen Lebensziele auch eine Trias rein ethischer Art, und zwar eine solche, die von einem sehr hohen und reinen ethischen Bewusstsein des Volkes Zeugniss ablegt, eine Eintheilung nämlich der Sünden in solche des Gedankens, des Wortes und der That. Diese Trias aber liegt schon im Avesta ebenso wohl wie im Veda und bei den Buddhisten vor, gehört somit bereits der ârischen Periode an, in welcher die späteren Iranier

---

[1] die Inder haben dann ihrerseits diese eventual. platonische Trias der Lebensziele noch durch ein viertes dergleichen, den: moksha, die Erlösung, vermehrt. — Es liegt im Übrigen nahe, mit derselben die rein indische Vorstellung von den drei guṇa: sattva, rajas und tamas in Verbindung zu bringen, resp. wohl als dáraus selbständig entwickelt anzusehen? s. indess Ath. S. 10, 8, 43 (wo Pet. W. freilich: tribhir guṇebhiḥ nur als: dreifach fasst).

[2] s. OLDENBERG »Buddha«[2] p. 275 (1890) »in den Jahrhunderten, die auf den Inderzug Alexander's folgten, kann es im Lande am Indus nicht an Begegnungen redegewandter Griechen mit indischen Mönchen und Dialektikern gefehlt haben«, und die buddhistische Literatur hat eine Erinnerung an solche Begegnungen eben in jenen Dialogen bewahrt«.

[3] s. Ind. Streifen 2, 255 fg.; — zu den Atomen cf. Ind. Stud. 9, 9[n] (m 17. 34. 107.

und Inder noch ein Volk bildeten. Wenn wir sie daher in unseren christlichen Poenitentialien, vom Papst Damasus (Mitte des vierten Jahrhunderts) an bis auf unseren Paul Gerhardt (»mit Herzen, Mund und Händen«) vorfinden, so haben wir darin eine indische[1], vermuthlich durch buddhistischen Einfluss nach dem (was für Indien) Occident (ist) gekommene Auffassung zu erkennen[2]. Zwar liegen auch für sie gewisse Anknüpfungspunkte bei Plato (Protagoras), sowie in biblischen Redewendungen vor[2], indessen zu einer so festen ethischen Systematik, wie sie in jenen Poenitentialien zum Ausdruck kommt, reichen diese in keiner Weise aus.

Und hier knüpft sich denn unmittelbar die in neuester Zeit durch Rudolf Seydel[3], Jul. Happel u. A. speciell erörterte Frage an, in wie weit etwa buddhistische Einflüsse in der christlichen Legende, bis in die Evangelien hinein, anzunehmen sein möchten? Dass die Lehre Christi dadurch keine Einbusse erfährt, resp. in ihrer eigenartigen Bedeutung in keiner Weise tangirt wird, wenn sich Derartiges herausstellen sollte, liegt auf der Hand. Die Frage, ob Gleichnisse wie die vom verlorenen Sohne, von der Samariterin am Brunnen[4] u. s. w., die sich ziemlich identisch bei den Buddhisten vorfinden, hier christlichen oder umgekehrt in den Evangelien buddhistischen Einflüssen unterliegen, bleibt indessen zunächst für mich noch immer eine offene[5]. Vor allem darum, weil ich nicht zu Denen gehöre,

---

[1] oder: avestische?

[2] s. Ind. Streifen 1, 133. 134. 2, 470. 3, 258. »über ein Fragment der Bhagavati« 2, 173.

[3] das Evangelium von Jesu in seinen Verhältnissen zu Buddha-Sage und Buddha-Lehre. Leipzig 1887.

[4] die Cāṇḍāla (Paria) nehmen allerdings in Indien eine weit mehr verachtete Stellung ein, als die Samariter in Palästina, und es eignet sich daher das cāṇḍāla-Mädchen bei weitem besser zu dem betreffenden Gleichniss, als die Samariterin.

[5] ich stehe in dieser Beziehung noch ganz auf demselben Standpunkt wie im Jahre 1863, wo ich am 18. Juli an E. Renan schrieb:

»Ich stimme Ihnen völlig bei, wenn Sie sagen, dass irgend welche directe Beziehungen zwischen Buddha's und Jesu's Lehre bis jetzt nicht nachweisbar sind, und dass so gut wie Buddha selbständig in eigner That dasteht, eben so gut auch das Auftreten Jesu's als ein völlig selbständiges gedacht werden kann. Die Analogien, welche sich in den beiderseitigen Parabeln finden, können, falls sie nicht etwa rein zufällige Berührungen sind, der Zeit nach ebenso gut in den buddhistischen Texten als entlehnt gedacht werden. Die vorliegende Form wenigstens des Saddharmapuṇḍarika, der dieselben enthält, ist entschieden eine höchst secundäre. Von der ältesten chinesischen Übersetzung, die aus 280 p. Chr. datirt, wissen wir leider nichts Näheres, können also nicht sagen, ob sie diese Gleichnisse bereits enthielt. Indessen ist dies allerdings doch im höchsten Grade wahrscheinlich, ja man kann annehmen, dass grade sie eigentlich das einzige, wirklich Alte und Ächte in dem ganzen Schwall des Werkes sind, dass sie ihrem Fonds nach, abgesehen eben von der Form, die sie hier haben, wirklich direct von Buddha herrühren (s. Ind. Stud. 3, 138 fg.). Wenn nun Woepcke Recht hätte, der im Journ. Asiat. dieses Jahres (März-April) den »arènaire

die den betreffenden buddhistischen Texten ein só hohes Alter zuschreiben, als dies gewöhnlich geschieht[1].

Der Einfluss, welchen die buddhistische Religion durch[2] ihre Klöster für Mönche und Nonnen, ihre Heiligenlegenden, ihren Reliquiendienst, ihre Thurmbauten, ihre Glocken, speciell auch durch ihr reiches rituelles und hierarchisches Gepränge[2] auf die Entwickelung des christlichen Cultus und Ritus ausgeübt hat, liegt im Übrigen klar vor. Auch der indische resp. buddhistische Einfluss auf die Entwickelung der Gnosis und des Manichäismus steht fest[3]. Bekannt ist ferner, dass die beiden katholischen Heiligen Barlaam und Josaphat einfach einer missverständlichen Aneignung einer buddhistischen Legende ihren Ursprung verdanken. Endlich ist allem Anschein nach auch der Rosenkranz der katholischen Kirche indischen Ursprungs; der Name desselben resp. auf eine irrthümliche Auffassung des Namens des indischen Gebetskranzes japamâlâ zurückzuführen[4].

Aber die Rechnung muss auch umgekehrt aufgemacht werden. Nirgendwo hat mehr als in diesen Dingen, die das menschliche Gemüth so innig berühren, ein so stetiges Geben und Nehmen stattgefunden.

Wenn es denn z. B. in der Kâṭhaka-Upanishad (1, 2, 23) heisst: »dieser âtman (d. i. hier so viel als: Gott) ist nicht durch Unterricht zu erfassen, nicht durch Einsicht, nicht durch vieles Lernen; nur

---

d'Archimède« aus Indien, resp. aus dem Lalitavistara, ableitet, so wäre damit freilich eine Brücke geschlagen, auf welcher noch anderes buddhistisches Gut in vorchristlicher Zeit nach dem Abendlande gelangen konnte. Dass Letzteres bei den innigen Beziehungen, welche in den letzten Jahrhunderten v. Chr. zwischen Indien und den in dessen nordwestlichen Theilen gegründeten griechischen Reichen, sowie mit Alexandrien stattfanden, nicht unmöglich, sogar im Gegentheil höchst wahrscheinlich ist, liegt auf der Hand; nachweisbar ist indessen bis jetzt nichts der Art. Denn auch der von WOEPCKE angeregte Punkt scheint mir, bei dem höchst ungewissen Alter des Lalitavistara (Ind. Stud. 3, 140; von den beiden ersten angeblichen chinesischen Übersetzungen des Werkes können wir gar nicht wissen, in wie weit sie mit dem vorliegenden Texte gestimmt haben mögen, da sie nicht vorhanden sind), bei weitem wahrscheinlicher zu Gunsten der Priorität des Archimedes entschieden werden zu müssen. Es liegt somit hier noch ein reiches Gebiet der Vermuthung und Forschung offen. Bei dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft wäre es vermessen, sich mit Unbedingtheit für die eine oder die andere Seite entscheiden zu wollen. Beweise sind eben für keine von beiden vorliegend.« — Zu dem hier über den »arénaire d'Archimède« bemerkten s. oben p. 922, zur Sache selbst resp. noch Ind. Streifen 3, 375. 376 (1875).

[1] s. Ind. Streifen 3, 419. 421. 375 und Ind. Stud. 16, 275. Verz. Berl. S. II. 2, 824n5.

[2] s. Ind. Streifen 1, 110. 2, 124. 141. 3, 50 (Abendglockenläuten!); — cf. C. F. KÖPPEN »die lamaische Hierarchie und Kirche« (1854; und dazu Ind. Streifen 2, 163. 164).

[3] auch das Dogma von der Trinität, steht möglicherweise in Beziehung zu der avestischen Trias: Ahuramazda, Zarathustra und die Gemeinde und zu der buddhistischen Trias: Buddha, Dharma und Saṃgha; — s. Ind. Streifen 3, 504.

[4] eig. »Gebetskranz«, s. meine Abh. über Krishṇa's Geburtsfest p. 340-41.

wen er sich selbst erwählt, durch den ist er zu erkennen«, so liegt dabei, da diese Vorstellung Indien sonst fremd ist, eine so nahe Beziehung zu der Lehre von der »Gnadenwahl« des Römerbriefes (9, 11 fg.) vor[1], dass mir hier christlicher Einfluss anzunehmen scheint, wogegen die literargeschichtliche Stellung dieses Textes, in seiner vorliegenden Atharvan-Recension, meiner Meinung nach[2], keinen Einspruch begründet. — Für die Bhagavadgîtâ sodann sind wohl sicher, wenn auch Lorinser dabei viel zu weit geht, christliche Beziehungen anzunehmen. — Die ganze Lehre von der bhakti, der unbedingten gläubigen Hingabe an den »Herrn«[3], d. i. an den betreffenden, sectarischen Gott, hat bereits Wilson auf christliche Grundlage zurückgeführt. Wenn schon die vielfache Bezeichnung der dafür traditionell namhaft gemachten Lehrer, als çveta »weiss«, oder durch Namen, in denen çveta einen Theil bildet, auf weisse Männer, christliche Missionare also, hinweist[4], so ist der eingehende Bericht des Mahâ Bhârata (12, 12771 fg.) von den Reisen[5] indischer Weisen (des Ekata, Dvita, Trita, speciell des Nârada) über das Meer hinweg nach dem Çveta-dvîpa, der Insel der çweta Weissen, um daselbst die Lehre von dem Eingotte kennen zu lernen, nur verständlich, wenn man darin Traditionen über Reisen indischer Frommen nach Alexandrien und über ihre daselbst erlangte Bekanntschaft mit dem Christenthum erkennt. — Der auf solche Weise nun, also theils durch christliche Missionare, theils durch in christlichen Ländern gewesene Inder, in Indien bekannt gewordene Name Christi, des Sohnes der göttlichen Jungfrau, und die ihm von seinen Anhängern zu Theil werdende göttliche Verehrung, konnten nicht verfehlen, die Inder an den von ihnen halbgöttlich verehrten Kṛishṇa[6], Sohn der Devakî, (anscheinend der:

---

[1] s. Ind. Streifen 3, 574.

[2] nach Oldenberg »Buddha«[2] p. 56 (1890) freilich wäre die Kâṭhakopanishad sogar als vorbuddhistisch aufzufassen, und damit würde dann natürlich die Frage in umgekehrter Richtung zu entscheiden sein. Denn die betreffende Lehre ist keine so naturwüchsige, dass man ihre selbständige Entstehung in Indien sowohl wie in Galiläa anzunehmen berechtigt wäre.

[3] »parâ 'nuraktir îçvare« Çâṇḍilyasûtra 2.

[4] s. Ind. Stud. 1, 421. 2, 168. 398. 400.

[5] s. Ind. Stud. 1, 400; Abh. über Kṛishṇa's Geburtsfest p. 318 fg.

[6] die ursprüngliche Bedeutung dieses, theils mit Indra (arjuna, phalguna) theils mit Vishṇu in unmittelbarer Beziehung stehenden Heros, ist noch unermittelt; — zu bemerken aber ist, dass er theils zu der Zeit, wo das Mahâbhârata sich bildete, theils noch in der Zeit wo die alte Jaina-Hagiologie entstand (s. Verzeichniss der Berl. S. H. 2, 475, 498) als ein menschlicher, obschon bereits sagenhafter kriegerischer Held aufgefasst worden ist. Auf ihn bezieht sich allem Anschein nach, was die Begleiter Alexander's über den indischen Herakles berichten.

Göttlichen) zu erinnern, und so ist es denn gekommen, dass auch zahlreiche christliche Stoffe und Legenden, speciell die von Christi Geburt unter den Hirten, von dem Stalle, der Krippe, als seiner Geburtsstätte, von dem Bethlehemitischen Kindermord, von der Schatzung des Kaisers Augustus, und anderes dergleichen, sich in den indischen Legenden von Kṛishṇa wiederfinden[1]. Speciell haben sich, und zwar bis in ganz moderne Ritual-Texte hinein, detaillirte Vorschriften über die Feier von Kṛishṇa's Geburtsfest erhalten, welche ihren fremdländischen[2] Ursprung deutlich dadurch bekunden, dass dabei, ganz im Widerspruch zu den sonstigen Angaben der indischen Legende über die Bedingungen, unter denen Kṛishṇa's Geburt statt fand (wonach nämlich das Kind noch in der Geburtsnacht, um es feindlichen Nachstellungen zu entziehen[3], von seinem eigenen Vater aus dem Wochenzimmer entführt und seinen Pflegeeltern, dem Hirtenpaar Yaçodâ und Nanda, übergeben ward), Devakî, die eigene Mutter des Kindes ruhig in ihrem Wöchnerinnenbett im Kuhstall liegt, wobei das Kind an ihrer Brust saugt, und zahlreiche Gruppen von Hirten, Engeln u. s. w. dasselbe segnend und preisend umstehen. Ochs und Esel fehlen auch nicht[4]. Der Stern, der am Himmel steht und das Datum für die heilige Feier abgiebt, ist rohiṇî, Aldebaran.

An der frühen Existenz christlicher Gemeinden in Indien, angeblich schon durch den Apostel Thomas gegründet[5], ist wohl kein Zweifel zu hegen[6]. — Nach dem Zeugniss des Nilos Doxopatrios

---

[1] s. meine Abh. über Kṛishṇa's Geburtsfest (1868), passim. — In einem allerdings ganz modernen Werke, welches zwar den alten Namen Romakasiddhânta führt, aber offenbar moslemische Quellen benutzt hat, wird: Îça, Jesus, als: Sohn der Mariyami, Maria, direct aufgeführt, s. Aufrecht Catalogus p. 340, Ind. Streifen 2, 292. Und so wird denn vielleicht auch schon die im Brahmavaivarta Pur. Kṛishṇajanmakhaṇḍa 7, 14 vorliegende Angabe, dass Kṛishṇa's Vater Vasudeva ein Sohn der Mârishâ war, als eine missverständliche Aneignung gelten können; s. jedoch das hierzu in den Ind. Streifen 2, 309 Bemerkte.

[2] »Kṛishṇa's Geburtsfest« p. 310 fg.

[3] und zwar ist diese Bedrohung des Kindes durch seinen eigenen Oheim, wie es scheint, eine bereits alte Vorstellung, die dann ihrerseits wohl auch noch, auf Grund ihrer Analogie mit der christlichen Legende von dem bethlehemitischen Kindermord, zu der Übertragung christlicher Stoffe auf Kṛishṇa mit hingewirkt haben mag.

[4] »Kṛishṇa's Geburtsfest« p. 281. 339.

[5] vgl. noch Burnell: on some Pahlavi-Inscriptions (syrischer Christen nämlich) in South India 1873; und cf. dazu Ind. Streifen 3, 257 fg.

[6] s. W. Germann die Kirche der Thomaschristen Gütersloh 1877; — zum parthich-indischen König Gundaphoror, Gondophares, Yndopheres, Gadaphara Gathaspar, Kaspar (!) s. A. v. Gutschmid im Rhein. Museum 1864 p. 101 fg., A. v. Sallet

(zwölftes Jahrh.), schickte der Patriarch von Antiochien, noch damals einen καθολικος, Diaconus, nach Indien, resp. nach Ῥωμογυρι, Râ magiri[1]. — Die Portugiesen fanden im 16. Jahrhundert in Malabar bei den Thomaschristen noch syrische Bücher und arianischen Gottesdienst vor. Sie haben sich viele Mühe gegeben, diese »Ketzer« zu »bekehren«. — Auf die feine diplomatische Kunst der jesuitischen Missionare am Hofe Kaiser Akbar's des Grossen möchte event. ein Bild der Devaki, mit dem Säugling Krishṇa, zurückzuführen sein, welches sehr speciell an die Madonna Lactans erinnert, falls dasselbe nicht etwa doch direct noch auf alte byzantinische Motive zurückgehen sollte[2].

Als eine alte Beziehung auf christliche Missionen, und zwar nicht in Bezug auf den Krishṇa-Dienst, sondern auf den des Râma, dessen milde Gestalt sich dazu eigentlich viel besser eignete, ist hier schliesslich noch die Sage von dem frommen Çûdra Çambuka[3] bei Kâlidâsa im Raghuvança 15,50 und bei Bhavabhûti im Uttara Râmacarita (Act. II Wilson Hindu Th. 1, 319) anzuführen. Im Raghuvança findet Çambuka einfach nur seinen Tod durch Râma, als Strafe dafür, dass er, obschon als Çûdra nicht dazu befugt, und somit den Frieden des Landes störend, asketischen Übungen obgelegen hat, um dadurch die Gotteswürde (surapadam) zu erlangen[4], und erreicht er dieses Ziel nicht (gatim na prâpa). Bei Bhavabhûti dagegen tritt der Erschlagene wirklich als devapurusha, in göttlicher Gestalt, auf, und bedankt sich bei Râma dafür, dass er durch sein Kommen ihm zum Tode und damit zur göttlichen Würde und Seligkeit verholfen habe. In dieser Legende nun hat K. M. Banerjea im Vorwort zu seiner Ausgabe des Nârada-Pañcarâtra, wohl nicht mit Unrecht[5], eine Anspielung auf die Ansiedelung christlicher Missionare an der Küste von Coromandel und Malabar gesucht. In der Form der Sage bei Bhavabhûti könnte resp. eventualiter sogar eine blasse Beziehung auf den Simeon des Lucas-Evangeliums (2, 25. 29) durchschimmern, freilich stark ins Indische verunstaltet!

---

die Nachfolger Alexander's p. 223 fg. (Nachtrag, 1879; danach wäre G. 60—80 n. Z. zu setzen), und Rhein. Museum 1879 p. 340.

[1] s. »Krishṇa's Geburtsfest« p. 330.

[2] s. »Krishṇa's Geburtsfest« p. 342. 347.

[3] bei der Legende von der frommen Çavarî Râmây. 1, 55 fg. (59 fg.) liegt, in Folge ihrer Beziehung zu dem Gleichniss von der Samariterin am Brunnen resp. dem Câṇḍâlamädchen und Buddha, die Eventualität buddhistischen Ursprunges ebenso nahe, wie die Zurückführung auf die christliche Legende.

[4] ebenso im Râmây. selbst Uttarakâṇḍa 82, 3 (76. 5).

[5] s. Ind. Streifen 3, 90.

Endlich sei noch bemerkt, dass wohl nicht das neue Testament, sondern der Qorân gemeint ist, wenn in einem modernen Texte[1], der Çukranîti nämlich (4, 276. 304; resp. 4, 4, 29. 62), bei Aufzählung der 32 indischen (!) Wissenschaften, in letzter Stelle auch das Yâvanaṃ mataṃ, und zwar als: die Lehre vom Eingotte predigend, aufgeführt wird.[2]

---

[1] sein Herausgeber, G. OPPERT, hält ihn freilich (1882) für sehr alt.

[2] s. dazu D. Lit. Z. 1883 p. 63 und Pârasîprak. 1, 11.

Über Christian von Stavelot und seine Auslegung zum Matthäus.

Von E. Dümmler.

(Vorgetragen am 22. Mai [s. oben S. 553].)

Die Zeit der Karolinger nimmt für das Mittelalter fast eine ähnliche Bedeutung in Anspruch, wie für die Jahrhunderte der neueren Geschichte der sogenannte Humanismus. In beiden Fällen handelt es sich um ein Wiederaufblühen der klassischen Studien nach langer Barbarei und der von diesen ausgehende geistige Hauch ruft literarische Erscheinungen hervor, an welche die folgenden Zeiten nicht immer heranreichen. So erweckt die karolingische Literatur in ihrer grundlegenden Stellung, in ihrer z. T. freieren Richtung für uns eine gesteigerte Theilnahme, sie enthielt manche Keime, die sich nicht weiter entwickelt haben und es folgte auf sie unleugbar ein Herabsinken, das zum guten Theile durch die politische Lage, die Auflösung des Reiches, veranlasst wurde.

Nicht allzuviel von jenem Antheil hat man in neuerer Zeit den zahlreichen Bibelerklärern zugewendet, ausser wo es sich etwa um Quellen der ahd. Literatur handelte, da man gewohnt ist bei jenen, wie z. B. bei Hraban, der seine Gewährsmänner stets gewissenhaft nennt, meist nur eine Mosaik aus den Arbeiten der Väter zu finden. Einen etwas andern, eigenthümlichen Platz nimmt der Schriftsteller ein, über welchen ich hier handeln wollte, Christian von Stavelot, da er ausdrücklich in seiner Erklärung des Matthäus sich vorsetzt, von dem einfachen historischen Sinne des Wortlautes und zwar in allgemein verständlicher Sprache auszugehen, damit die Auslegung nicht wieder eines Auslegers bedürfe,[1] und erst in zweiter Reihe den geistigen, d. h. allegorischen, Sinn zu berücksichtigen. Denn die Geschichte sei die Grundlage aller Erkenntniss und daher sei es thöricht,

[1] Prolog. 'Aperta quoque locutione ipsum contextum digessi, quoniam stultiloquium est in expositione alicuius libri ita loqui, ut necessarium sit expositorem ipsius expositionis quaerere.'

sofort zu geistiger Auslegung übergehen zu wollen, die ohne die historische nicht möglich sei.[1] Wer war dieser Christian? Sigebert von Gembloux (De SS. ecclesiast. c. 72), der sein auch uns erhaltenes Werk kannte, lässt ihn aus Aquitanien, seiner Heimat, nach Gallien kommen.[2] Der etwas jüngere sogen. Melker Anonymus (c. 90), indem er seine Schrift ganz deutlich bezeichnet, verwechselt ihn in unbegreiflicher Weise mit dem Erzbischof Wimund oder Guitmund von Aversa,[3] einem Zeitgenossen Gregors VII. und Urbans II., der als literarischer Gegner Berengars bekannt ist, und setzt ihn deshalb erst in das 11. Jahrh. Dieser von allen neueren Forschern bekämpfte Irrthum hat nur an Joh. Alb. Fabricius einen Fürsprecher gefunden.[4] Joh. Trithemius endlich, der bekannte Abt von Sponheim, fügt der Nachricht Sigeberts, die ihm als Quelle vorlag, den selbständigen Zusatz bei, dass Christian auch Druthmar geheisen habe und Mönch und Priester zu Corbeia gewesen sei.[5] Hiebei wird man zunächst an Corbie denken, während Mabillon[6] allerdings Corvei verstehen wollte, weil er den Namen Druthmar mit Recht für einen deutschen hielt und deshalb die aquitanische Abkunft Christians bezweifelte.

Trotz der Unzuverlässigkeit des Trithemius, die freilich erst in den letzten Jahrzehnten allgemein erkannt und anerkannt worden ist, bürgerte sich diese Angabe, welche schon die beiden ältesten Herausgeber ihrer Ausgabe voranstellen, so vollständig ein, dass unser Schriftsteller in allen älteren und neueren Abdrücken sowie in allen Literatur- und Kirchengeschichten Christian Druthmar genannt wird, als ob letzeres sein Familienname sei. (Von dieser Bemerkung ist allerdings Ad. Ebert auszunehmen, weil er in seiner Literaturgeschichte unseren Christian überhaupt gar nicht berücksichtigt hat). Und doch wäre ein solcher Doppelname für die karolingische Zeit, die in der Regel nur Einen Namen kennt, sehr auffallend und einer besonderen

---

[1] Ib. 'Studui autem plus historicum sensum sequi quam spiritalem, quia irrationabile mihi videtur spiritalem intellegentiam in libro aliquo quaerere et historicam penitus ignorare, cum historia fundamentum omnis intellegentiae sit et ipsa primitus quaerenda et amplexanda et sine ipsa perfecte ad aliam non possit transiri.'

[2] 'Christianus ab Aquitania in Galliam veniens nomen suum scribendo notificavit' (Miraei biblioth. eccles. p. 141, Fabricius bibl. eccl. p. 101).

[3] 'Guidmundus, qui et Christianus, primo in monasterio Stabulaus monachus fuit, ubi dum abbas constitui atque ad alterum locum regendum mitti debuisset aufugit ignotamque provinciam appetens' etc.

[4] Bibliotheca mediae et infimae latinitatis I, 1040.

[5] De scriptorib. ecclesiast. c. 280: 'Christianus qui et Druthmarus monachus et presbyter Corbeiensis ordinis Benedicti.. natione Aquitanicus.. veniens ab Aquitania in Galliam nomen suum scribendo notificavit' (Fabricius p. 154).

[6] Mabillon annal. ord. S. Bened. II, 661: 'Germanum tamen potius quam Aquitanum fuisse crediderim'.

Erklärung bedürftig. Dem Namen Druthmar aber fehlt jede weitere Beglaubigung, weil die beiden uns erhaltenen Handschriften, eine Wiener aus dem 10. und eine Münchener (von St. Emmeram) aus dem 11. Jahrh., von diesem Namen nichts wissen, der demnach vollständig aufgegeben werden muss. Ein aus dem Kloster Lorsch stammender Abt Druthmar von Corvei (1014—1046) hat mit unserem Christian nichts zu thun und es bleibt unklar, wie Tritheim überhaupt auf diese Bezeichnung verfallen ist. Der Zusammenhang mit Corbie ist natürlich als nur auf dem gleichen Zeugniss beruhend, ebenfalls preiszugeben.

Wenden wir uns an den Verfasser selbst um Auskunft über seine Lebensumstände, so ergibt sich aus der seinem Commentare vorangehenden Widmung[1] an die Brüder der von jeher unter Einem Abte verbundenen, von König Sigebert gestifteten, Klöster Stavelot im Lütticher und Malmedy im Kölner Sprengel, dass er selbst als Priester und als Mitglied dort gelebt habe. Er bekennt sich ausdrücklich als Lehrer der Jugend und berichtet, dass seine Schrift ihm aus wiederholter mündlicher Auslegung erwachsen sei,[2] durch welche er den h. Hieronymus habe ergänzen wollen, also aus einem Hefte, dessen Inhalt er durch die Schrift befestigen will, um dem Gedächtniss der Zuhörer nachzuhelfen. Mit hohem Lobe preist er die Gemeinschaft der Brüder, ihre Lauterkeit und aufrichtige Liebe,[3] doch scheint es eben deshalb, dass er selbst diesem Kreise noch nicht lange angehört habe und erst von einem andern Kloster dorthin gekommen sei. Leider ist das bisher bekannte urkundliche Material aus jenen verschwisterten Klöstern, welche seit 870 dem ostfränkischen Reiche angehörten, sehr dürftig, indessen finden wir doch unter den Unterschriften einer Urkunde des Abtes Hildebald von Stavelot aus dem J. 880 einen Dechanten Christian,[4] der mit unserem Verfasser sehr wohl identisch sein könnte. Hierzu kommt noch ein zweites Zeugniss, auf welches bereits Mabillon aufmerksam gemacht hat: Bischof Notker von Lüttich (972—1008) erwähnt in der von ihm verfassten

[1] Die seit der ed. princ. verstümmelte Widmung lautet: 'Venerabilibus in Christo patribus in coenobiis sancti Petri principis apostolorum cognominibus Stabulaus et Malmundario deo militantibus et ad feliciora tendentibus'.

[2] Prolog. 'Nam quia perspexi iuvenibus vestris post expositum bis textum evangelii Mathei oblivioni habere, statui apud me ipsam expositionem eo tenore literis mandari, quo coram vobis verbis digessi'.

[3] Prolog. 'Supra enim omnes homines vestra mihi est gratior sotietas, quia est sincera et absque dolo... Et licet rebus terrenis egentes sitis, virtutibus tamen repleti estis, ita ut qui vos perfecte agnoverit, ulterius dilectione a vobis non possit separari. Sed si modico tempore vobiscum moratus fuerit' etc.

[4] Ritz, Urkunden zur Geschichte des Niederrheins, S. 11—12: 'Signum Cristiani decani'.

Vita Hadalini ein Diptychon, das auf dem Altare der Kirche von Stavelot aufbewahrt wurde und in welchem nach andern Namen Christian der weiseste folgte.[1]

Für die von Sigebert bezeugte Abkunft aus dem rein romanischen Aquitanien, der Heimat des gewandten Dichters Ermold, welche an sich wohl Glauben verdient, liefert das Buch keinen weiteren Anhalt. Es sei denn, dass einmal von den Aquitanien benachbarten Basken und Spaniern berichtet wird, sie hätten die Sitte, bei Gelagen zu tanzen, während die Franken dies für unpassend hielten.[2] Von dem nahen Burgund und seinen Bergen spricht Chr. wie von einem ihm bekannten Lande,[3] er redet ferner von unserem Gallien, wo die Gewohnheit bestände, den Herrn in der Mehrheit anzureden[4] und von dem Frankenvolke, unter dem er lebte,[5] seinen eigenen Stamm aber bezeichnet er damit nicht näher. Worte aus der Volkssprache kommen bei ihm nicht vor, selbst mittellateinische fast gar nicht, die lateinische Sprache scheint ihm vielmehr als seine eigene zu gelten, auch wenn er einmal von einer bäurischen Sprache redet.[6] So sagt er u. a., dass den barbarischen Namen, wenn sie in unsere lateinische Sprache aufgenommen würden, Endungen angehängt zu werden pflegten.[7]

---

[1] Notgeri Vita S. Hadalini § 5 (Mabillon, Acta ord. S. Bened. saec. II, 1015): 'Christianus quoque sapientissimus'.

[2] Cap. 35 (col. 1379 ed. Migne): 'Saltare in conviviis multae gentes pro honore habent, quasi appareat quis mobilior sit. Nam Wascones et Ispaniarum populi adhuc retinent, apud Francos autem improperium est'.

[3] C. 36 (col. 1401): 'Excelsum pro valde celsum, sicut nostri Alpes sunt in Burgundia, in quibus calor non multum potest nocere etiam in aestate.'

[4] C. 35 (col. 1395): 'Notandum vero, quod non eo more dominum appellat, quo saecularis doctrina apud nos docet, sed 'tu es', sicut in antiquis libris invenitur usos fuisse maiores. Siquidem Romulus et Remus duo fratres tantae concordiae fuisse dicuntur, ut nihil unus sine alio vellet habere et omnia communia dicerent et haberent, sicuti modo monachi faciunt. Ex hac re increvit consuetudo in nostra Gallia, ut dominos plurali numero appellent'; cf. col. 1388: 'In totis libris nostris nec ad deum nec ad imperatorem invenietis plurali numero dici, quamvis in communi nostra lingua usus sit. Sed tamen est causa, pro qua in nostra terra hic usus inolevit ad unum hominem quasi ad duos loqui'.

[5] C. 44 (col. 1443): 'sicut inter nos sunt monachi et canonici et tamen de una gente Francorum sunt, similiter erant apud ipsos'.

[6] C. 11 (col. 1308): 'Raca.. potest dici inanis seu sine cerebro: quam iniuriam in vulgata locutione in usu habemus, quia qui cerebrum non habet et non est sanae mentis'; c. 29 (col. 1355): 'crescunt (sc. arundines) in paludibus locis in modum herbae, quae apud nos ros vocatur'; c. 35 (col. 1391): 'sicut beatus Hieronimus dicit, in Latina lingua non habet una infirmitas speciale nomen sicut apud Graecos et in nostra rustica lingua, idcirco posuit debiles. Qui enim nostra lingua luscus dicitur, Graece dicitur killos' etc.

[7] C. 26 (col. 1344): 'cum ad Latinitatem venit eius (sc. Iacobi) nomen, additum est in fine, sicut solet fieri in barbaris nominibus, cum in nostram linguam veniunt'.

Auf den Zeitpunkt der Entstehung des Werkes kann man nur aus gelegentlichen Anspielungen Schlüsse ziehen. So heisst es von dem Kaiser Octavian, dass er schon seit 800 Jahren in der Hölle läge.[1] Wenn dies mindestens auf das Jahr 814 weist, so entspricht dem eine Nennung Karls des Grossen, dem der Herrscher von Jerusalem, nämlich Harun, ein Grundstück zur Anlegung des fränkischen Hospitals geschenkt habe. Aber es wird hierbei ausdrücklich auf einen etwas, vielleicht um mehrere Jahrzehnte, späteren Zeitpunkt hingewiesen, in dem die Mönche und Pilger jenes Hospitals von Almosen leben mussten,[2] wie dies aus der Zeit Ludwigs des Deutschen bekannt ist. An zwei Stellen ist von dem finnisch-uralischen Volke der Chazaren die Rede, deren Reich am Nordufer des Schwarzen Meeres an Don und Wolga gelegen, damals mächtig war und mit Recht wird darauf hingedeutet, dass dieser Stamm sich der Beschneidung, d. h. dem Judenthume, zuneigte, dem seine Beherrscher, die Khakhane, angehörten. Ihre Absperrung durch eherne Pforten wird nach einer weit verbreiteten sagenhaften Auffassung Alexander dem Grossen zugeschrieben. In Verbindung mit den Chazaren, die Christian als die früheren Hunen betrachtet und zu den biblischen Völkern Gog und Magog zählt, ist auch von den ihnen verwandten Bulgaren die Rede, welche täglich getauft würden.[3] Dies kann kaum vor der Taufe ihres Fürsten Bogoris oder Michael im J. 864 (oder 865), aber auch nicht viel später, geschrieben worden sein, denn dies Ereigniss, welches im ganzen Abendlande als Triumph der Kirche das grösste Aufsehen erregte, gab den Antrieb zur Bekehrung des gesammten Volkes, das seinem Fürsten rasch nachfolgte. Andere Beziehungen auf Zeitverhältnisse entsprechen nicht gerade einem bestimmten Jahre, sondern nur dem neunten Jahrhundert im Allgemeinen, worauf wir sogleich zurückkommen,

---

[1] C. 35 (col. 1400): 'Quid profuit illis imperatoribus, qui istum mundum habuerunt per viginti annos, ut Octavianus per LIII annos, cum iam per octingentos annos iaceat in inferno'?

[2] C. 56 (col. 1486): 'Tunc fuit in sepulturam peregrinorum et modo idem ipse locus hospitale dicitur Francorum, ubi tempore Karoli villas habuit concedente illo rege pro amore Karoli. Modo solummodo de elemosina christianorum vivunt et ipsi monachi et advenientes', vgl. Monachi Sangall. gesta Karoli M. II, c. 9 (SS. II, 753).

[3] C. 37 (col. 1405): et de Alexandro rege legimus, quod ad conclusionem gentium Goc et Magoc, quae Gazares nunc vocatur, gentes quondam Hunorum cum non potuisset eos bello delere, ad deum conversus petierit et deus ad conclusionem eorum montem adauxerit et quod remansit ipse cum populo suo conclusit et portas aereas subter ipsum montem posuerit'; c. 56 (col. 1456): 'Nescimus iam gentem sub caelo, in qua christiani non habeantur. Nam et in Goc et in Magoc, quae sunt gentes Hunorum, quae ab eis Gazari vocantur, iam una gens que forcior erat ex his quae Alexander conduxerat, circumcisa est et omne iudaismum observat. Bulgarii quoque, qui et ipsi ex ipsis gentibus sunt cottidie baptizantur'. Vergl. meine Geschichte des Ostfränk. Reiches II, 188.

z. B. wenn er in Bezug auf Herodes redet von 'villis, quae ad comitatum eius pertinebant' (col. 1288).

An der gelehrten Bildung Christians ist uns vor Allem eine gewisse Kenntniss der griechischen Sprache auffällig. Wenn auch sehr selten, ist diese im karolingischen Zeitalter doch nicht geradezu unerhört. Abgesehen von dem Iren Sedulius in Lüttich, der einen griechischen Psalter abschrieb und dem Hofphilosophen Karls des Kahlen, Johannes Scotus, der sogar griechische Gedichte abfasste und griechische Werke übersetzte, begegnen uns einzelne Brocken, ja Zeilen in dieser Sprache auch bei dem gelehrten Walahfrid Strabo, dem Abte von Reichenau, und bei seinem Schüler Ermenrich, dem späteren Bischof von Passau. Christian hegte jedenfalls für diese Sprache, die er öfter als die schönste und wohlklingendste bezeichnet, eine besondere Vorliebe, ebenso wie er die Griechen nach hergebrachter Anschauung das weiseste aller Völker nennt.[1] Er erwähnt auch einen Griechen Eufemius — vereinzelte Glieder dieser Nation waren im Abendlande nicht eben selten —, bei dem er ein griechisches Evangelienbuch, angeblich des h. Hilarius, gesehen habe, in welchem Matthäus und Johannes an der Spitze standen.[2] Christian kennt das griechische Alphabet und macht einige Male Bemerkungen über griechische Buchstaben, über die Abkürzung griechischer Worte. Er erwähnt und erläutert öfter griechische Vocabeln, da nicht alle Feinheiten der griechischen Sprache im Lateinischen genau wiedergegeben werden könnten (c. 25 col. 1341), wie z. B. *λάτρευσις* und *δούλευσις*, *ἅγιος* und *ὅσιος* und führt bisweilen ganze Sätze an, auch verbessert er die Schreibart einzelner lateinischer Worte nach dem Griechischen.[3] Inwieweit er ausser dieser lexikalischen auch eine grammatikalische Kenntniss der Sprache besessen habe, lässt sich hieraus freilich nicht sicher abnehmen, doch ist die letztere mindestens zweifelhaft. Plato wird einmal von Hörensagen genannt (col. 1427). Ein Citat aus der Odyssee dagegen und Verweisungen auf Aristophanes, Isokrates und

[1] C. 1 (col. 1266): 'Ipsa quoque sonorior omnibus linguis habetur': (col. 1276): 'quia Graeca lingua sonancior et comptior est omnibus linguis sub caelo.. ob Graecos qui sapientiores fuerunt aliis': c. 26 (col. 1345): c. 56 (col. 1490): 'sapientiores sunt omnibus gentibus et ipsa (sc. Graeca) sonorior aliis linguis'. Wimpheling rühmt von ihm: 'Ad exemplaria greca lectorem remittit vocesque graecas dilucide explanat'.

[2] C. 1 (col. 1266): 'Vidi tamen librum evangelii Graece scriptum, qui dicebatur sancti Hilarii fuisse, in quo primi erant Mathaeus et Iohannes et prius alii duo. Interrogavi vero Eufemium Graecum, cur hoc ita esset, dixit mihi: In similitudinem boni agricolae, qui quos fortiores habet boves primos iungit'.

[3] C. 11 (col. 1313): 'Eleemosyna Graecum nomen est et dicitur misericordia et eleemosyna dicere debemus, non elimosina per e et non per i..'. 'Hypocritae per unum p debet scribi non per duo'.

Plutarch sind offenbar Zuthaten des zweiten Herausgebers, der die Auslegung des Wortes Evangelium umgearbeitet hat.

Das Hebräische verstand Christian nicht. Sein Latein empfiehlt sich durch Klarheit und Richtigkeit des sprachlichen Ausdrucks. Grammatische Bemerkungen sind natürlich nicht selten. Der Beiname des Grammatikers, der ihm öfter ertheilt wird, beruht nur auf der ältesten Ausgabe, könnte aber in dieser vielleicht handschriftlichen Grund haben: nach Christians eigener Erklärung würde man darunter einen literarisch, d. h. wissenschaftlich gebildeten Mann zu verstehen haben.[1]

Von den Kirchenvätern nennt Christian am häufigsten den h. Hieronymus, an den er sich ergänzend anschliesst, weil derselbe in seiner Erklärung vieles als zu unbedeutend übergangen habe,[2] ferner Augustinus (col. 1306. 1369), Gregor den Gr. (col. 1304. 1341. 1455) und Beda, dessen Commentar zum Lucas er vergeblich gesucht hatte,[3] sodann Orosius (col. 1454), Solinus (col. 1284), Origenes, Josephus (col. 1402. 1407. 1471) und die Kirchengeschichte des Eusebius, die letzteren beiden in lateinischer Übersetzung.[4] Die Gesta pontificum, auf die er für Silvester verweist (col. 1495), sind ihm bekannt und die Acten mehrerer Heiligen wie Sixtus, Celsus, Martinus, Julianus, Lampert und Leodegar,[5] die Passio S. Petri und anderer Apostel, vor Allem auch die seines Meisters Benedikt.[6] Von den Dichtern[7] werden Virgilius, Martialis, Juvencus, Sedulius angeführt, die Verse der Sibylle (col. 1427)

---

[1] C. 28 (col. 1329): 'Scriba iste literatus etiam, ut Graece dicitur, grammaticus erat'.

[2] Prolog. 'Et si aliquis requirit, quare post beatum Hieronimum hoc ausus fuerim agere, respondeo, quia perspexi beatum Hieronimum multa verba quasi levia praeterisse et parvuli sensus difficilia reddidisse'. Vergl. über Hieronymus col. 1279. 1295. 1308. 1309. 1322. 1378. 1391. 1433. 1484.

[3] Ibid.: 'in Luca quoque audio post sanctum Ambrosium eundem Bedam manum misisse, sed non potui invenire adhuc in tota eius expositione nisi quasdam eius omelias'. Vergl. über Beda col. 1295. 1319. 1366.

[4] Über Josephus s. col. 1287. 1288. 1337. 1366. 1380 und an andern Orten, wo er nicht genannt wird. Über Eusebius col. 1287. 1378. 1380. 1513.

[5] C. 4 (col. 1294): 'Unde quidam martyr, cum torquebatur, dicebat: Triticum dei sum, molor dentibus bestiarum', welcher ist mir unbekannt. Vergl. col. 1305. 1316. 1344. 1352.

[6] C. 6 (col. 1298): 'eo modo quo et beatum Benedictum legimus vidisse'; C. 43 (col. 1420): 'Non enim beatus Benedictus alterius imitator fuit nec plus quam dominus facere voluit'; c. 48 (cd. 1435): 'Similiter de sancto Benedicto legimus, quod similia fecerit'.

[7] Über Vergil s. col. 1267. 1302. 1427. Aus Martial (Epigr. XIV, 73) findet sich folgendes ungenaue Citat: 'Unde est illud psittaci: A vobis aliorum nomina discam. Hoc didici per me: Chaire Cesar' (c. 26, col. 1347). Unbekannt sind mir: c. 19 (col. 1330) 'ut quidam dixit de Octaviano: Divisum imperium cum Iove Caesar habet', ferner c. 51 (col. 1438) 'Unde quidam sapiens: Conscius ipse sibi de se putat omnia dici'. Juvencus (I, 241) wird col. 1281 angeführt, Sedulius (carm. Pasch. V, 188—195. 322—325) col. 1490. 1500. von Huemer nicht beachtet.

und ein Rhythmus des Beda (1464. 1465), sowie einige andere, deren Herkunft ich nicht kenne: den beliebten Vers 'Crescit amor nummi quantum ipsa pecunia crescit' citiert er dreimal (col. 1373. 1404. 1418), ferner die Grammatik Priscians (col. 1264). Zweimal wird auf Bestimmungen einer lex Romana Bezug genommen.[1] Anekdoten aus der römischen Geschichte, namentlich von den römischen Kaisern, werden nicht selten berührt, zumal aus Eutropius und Victor. Als Seitenstück zu Herodes und seiner Tochter führt er eine Geschichte von L. Quinctius Flamininus an.[2] Über Diocletian gehen diese geschichtlichen Beispiele nicht hinaus. Eine seiner wichtigsten Quellen sind die Etymologien (Origines) des Isidor von Sevilla, aus denen, obgleich sie niemals genannt werden, fast alle Herleitungen von Worten entlehnt sind, namentlich auch die der meisten hebräischen Namen, ausserdem aber noch manche andere wissenswerthe Notizen, u. A. die Gliederung der Philosophie (col. 1266), Geschichte, Naturwissenschaftliches u. s. w.,[3] wie denn Isidor überhaupt eines der verbreitetsten und beliebtesten Hülfsbücher des Mittelalters war und von Hraban z. B. in noch viel grösserem Umfange ausgebeutet worden ist.

Italien scheint Christian aus eigenem Besuche gekannt zu haben, denn er bezieht sich einmal auf die Gewohnheit der Langobarden, das Abpflücken von Ähren oder Trauben auf fremdem Gebiete für erlaubt zu halten, sobald es zu unmittelbarem Genusse geschähe[4] und ein andermal theilt er mit, dass, wie der heidnische Gebrauch der Entmannung auch sonst öfter vorkäme, besonders in Benevent, die von ihren Eltern zum geistlichen Stande bestimmten Knaben in zartem Alter entmannt zu werden pflegten.[5] Über die Alpen spricht er jedoch von Hörensagen.[6]

---

[1] C. 56 (col. 1483): 'lex Romanorum est, ut qui in conventu alium percussisset manum amitteret'; (col. 1488): 'Romana lex praecipiebat, ut qui crucifigendus erat, ante flagellaretur'.

[2] Über die römische Kaisergeschichte s. col. 1276. 1280. 1323. 1379. 1380. 1421. 1448. 1456. An den beiden ersten Stellen liegt Isidor zu Grunde.

[3] Beispiele finden sich fast auf jeder Seite.

[4] C. 31 (col. 1362): 'Nam et Langobardi eandem legem habent de ipsa causa et plurimae aliae gentes, ut quando aliquis in messem sive in vineam introierit, manducet quantum voluerit, foras ne efferat'.

[5] C. 62 (col. 1414): 'Ex antiquo usu gentilium adhuc permanet in multis gentibus atterere testiculos infantium in tenera aetate sive macerare vel etiam penitus auferre pro multis causis, sive ut assidue in servitio sint dominorum seu ut creditam sibi substantiam non dispergant in mulieribus... Nunc vero in Benevento quoscumque clericos facere disponunt, pater et mater in infantia atterunt testiculos et videntur semper iuvenes esse usque quo canescere incipiunt. Nam in perfecta aetate si factum fuerit debilitantur statim et vires amittunt'.

[6] C. 35 (col. 1382): 'Abunde solet crescere fenum in his excelsis montibus in aestate, sicut viderunt qui in nostris Alpibus conversati sunt'.

Über das gelobte Land, das Christian offenbar nicht selbst gesehen hatte, zog er öfter Erkundigungen von Wallfahrern ein zur Ergänzung der aus den Alten stammenden geographischen Angaben. Er forschte über die Heuschrecken und den wilden Honig, von dem Johannes der Täufer gelebt hatte, und bekämpft die Ansicht einiger, dass jene locustae kleine Vögel oder Fische gewesen seien. Honig von dort, der ihn in seinem Äusseren an Schnee oder Salz erinnerte, hatte er sich zeigen lassen.[1] In dem Commentare zum Johannes findet sich über beide Nahrungsmittel eine etwas abweichende Nachricht. Er erwähnt den Reichthum an Rohr in Palästina wie in Italien (col. 1355. 1489) und das häufige Vorkommen der Pest in beiden Ländern (col. 1455). Von der Säule, an der Christus gegeisselt worden, berichtet er, dass sie noch in Jerusalem vorhanden sei (col. 1488), von der Gruft, in welcher er beigesetzt worden, gibt er eine ausführliche Beschreibung (col. 1495). Er spricht auch von den Gräbern des Simeon und Joseph, sowie der Maria im Thale Josaphat, indem er bemerkt, dass der Körper der letzteren in räthselhafter Weise aus der Kirche, in der er sich befand, verschwunden sei (col. 1520). Den Schätzen des Morgenlandes, die sich u. a. in prächtigen Grabmälern kundgeben, stellt er die abendländische Armuth gegenüber, denn im Gegensatze zu jenem erscheint ihm das fränkische Reich als ein unfruchtbares Waldland.[2]

Christian, der sich als einfacher Mönch nach dem Vorbilde des h. Benedikt fühlt, und sich selbst zur Demuth und Niedrigkeit bekennt,[3] warnt dringend vor geistlicher Heuchelei im Fasten, Beten und anderen kirchlichen Werken, da jeder Lohn vor Gott verloren gehe, sobald Eitelkeit und Ruhmsucht sich einmische.[4] Mässigen

---

[1] C. 4 (col. 1291): 'Vidimus et de ipsa (sc. manna) afferentibus his, qui de illa terra venere, habet vero similitudinem nivis vel salis et dulcedinem nostri mellis', cf. col. 1520, wo das 'mel silvestre in silvis repertum' auf die zerriebenen Blätter eines Baumes zurückgeführt wird.

[2] C. 35 (col. 1372): 'nostra terra in comparatione illius terrae, in qua dominus haec loquebatur, sterilis est quasi silvestris'; c. 56 (col. 1451): 'Apud antiquos aliarum gentium grande studium fuit monumenta patrum ornare quod et in monumentis Romanorum adhuc apparet et in Machabeorum libro legimus. Sed occidentalis paupertas orientalibus divitiis comparata nihil est'.

[3] S. oben S. 941 Anm. 6; c. 56 (col. 1448): 'Eligo ego humiliari cum mitibus modo, quam dividere spolia cum superbis'; c. 43 (col. 1419): 'Nam et monachi quamvis aliquid plus videantur facere quam in evangelio scriptum est, tamen eamdem normam et ipsi tenere debent'.

[4] C. 12 (col. 1315): 'Ne propter ieiunia tristitiam simulemus ob favorem vulgi, sed hilariter deo serviamus, quia tunc manebit nos merces, si propter deum omnia faciamus' etc.; c. 44 (col. 1423): 'Quandocunque enim aliquid boni facimus, si cenodoxia se immisceat, mercede apud deum frustamur'.

Genuss des Weines will er nicht verwerfen.[1] Die Vornehmen dieser Welt betrachtet er mit einem gewissen Misstrauen und zwar nicht nur die Weltlichen, sondern auch die Geistlichen. Viele Tausende von Reichen gäbe es, die trotz ihres Vermögens nur mit unersättlichem Gelddurste nach mehr strebten.[2] Alle Reichen sieht er als Tyrannen an, der Schlemmerei und Trunksucht ergeben, achtlos für das Wort der Predigt, das sie wohl hörten, aber nicht mit ihren Gedanken begleiteten und nicht befolgten.[3] Er tadelt ihre Geringschätzung im Verkehr mit dem gemeinen Manne.[4] Die Geistlichkeit, zumal die höhere, mahnt er zu ernstlicher Pflichterfüllung, zu einem vorbildlichen Leben, zu eifriger Predigt über die Sünden des Volkes.[5] Aber auch die Könige sollen ein gutes Vorbild geben,[6] denn die Menschen sind nur zu geneigt, liebedienerisch dem Willen ihrer Fürsten nachzuleben, ohne zu fragen, ob es das Rechte sei.[7] Sie sollen den Unterdrückten beistehen, die Unterdrücker bekämpfen.

---

[1] C. 29 (col. 1358): 'Nec improperabant ei, quod vinum biberet, quod non est vitium, si moderate potetur'.

[2] C. 1 (col. 1277): 'per divites . . ., qui solent esse pleni vitiis'; c. 10 (col. 1303): 'Non istam (sc. terram), quae spinas et tribulos profert, quam crudelissimi et superbi magis possident'; c. 45 (col. 1426): 'Qui maiores sunt in isto saeculo per tyrannidem sunt; et per potestatem sunt super eos maiores, quia omnis dives aut iniquus aut iniqui heres'; c. 43 (col. 1418. 1419): 'Non autem putandum, quod divites cum suis iniquitatibus intraturi sunt in regnum caelorum, sed commutandi in melius adhuc dum vivunt, ut possint cum pauperibus collocari'.

[3] C. 35 (col. 1371): 'Quando his praedicatur verbum, qui divites sunt, tunc cum gaudio suscipiunt verbum. Sed cum hora illa transierit et ipsi reversi fuerint ad ipsas divitias . . faciunt quod delectationes suggerunt et dimittunt quae in ecclesia audierunt'; (col. 1440): 'multi cum intrant in ecclesiam, lingua alterius verba cantant et animo de honoribus cogitant'.

[4] C. 56 (col. 1494): 'Nostri enim, de quibus praeceptum est pauperes colligere, ipsi despiciunt eos'; c. 32 (col. 1363): 'Omnes praepositi, episcopi, abbates aut reliqui discere debent istum versiculum domini: Misericordiam volo et scientiam dei plus quam holocaustum'; c. 41 (col. 1411): 'cum aliqui fortiores sunt aliquibus, si aliquid offenderint minores, absque misericordia grassantur super eos, quia vident se aliquid maius posse. Et non solum suffocant eos, sed etiam occidunt aut annihilant eos'.

[5] C. 56 (col. 1450): 'Videant magistri ecclesiarum, qui habent simile ministerium in populis et tenent praedia ecclesiarum, ne similes illis fiant, si tacuerint populis vitia sua'; c. 35 (col. 1374): 'Quod cavere debent episcopi et prepositi ecclesiarum ne de eis similiter dicatur, sed debent instare et per se suosque . . ut adnuntient populo peccata eorum'.

[6] C. 25 (col. 1343); c. 47 (col. 1430): 'regis ministerium est regere et gubernare populum, oppressos liberare, opprimentes debellare. Qui non facit hoc, non est rex, sed tyrannus, qui locum occupat et forsitan et ipse eos vastat et alios depraedare sinit'; c. 56 (col. 1462): 'maxime de magistris aecclesiarum, regibus, episcopis, comitibus, qui proponunt sibi longa tempora vivendi et percutiunt vel alias iniusticias faciunt christianis, vacant comessationibus et ebrietatibus et aliis viciis'; c. 56 (col. 1447): 'Qui rector est in ecclesia primum debet implere quae implenda praecipit'.

[7] C. 56 (col. 1487): 'Sed adhuc talis est consuetudo apud plures, ut quicquid

Wiederholt berührt er die Vergewaltigungen der Kleinen, die Beraubungen von Freiheit und Eigengut, die bald unter rechtlichen Vorwänden, bald ohne solche vor sich zu gehen pflegten. Er vergleicht die Mächtigen, die solches Unrecht verübten, und die ihre Knechte dann schlimmer als Hunde behandelten, geistlichen wie weltlichen Standes, mit reissenden Wölfen.[1] Namentlich rügt er die heuchlerische Art, wie die Seelsorger, statt vor allem Beseitigung des Übels zu verlangen, den geständigen Missethätern nur eine ganz leichte Busse von 40 Tagen (d. h. Enthaltung von Wein und Fleisch) auferlegten, und ihnen so über ihre Gewissensbedenken hinweghülfen, während doch die Wirkungen ihrer Gewaltthaten durch Geschlechter fortbeständen. Denn am Ende der Welt würden 1000 Nachkommen der ungerecht in Knechtschaft gestossenen sie verklagen. Eine merkwürdige Erläuterung zu den Klagen, die seit Karl dem Gr. unablässig in der Gesetzgebung über derartige Bedrückungen uns begegnen!

---

viderint vel audierint principes suos laudare, laudent absque examinatione, ut vituperent omne quod viderint eos vituperare'.. 'Sic est consuetudo hodie, ut pro uno verbo principis veritatem deserant'; c. 35 (col. 1373): 'similes sunt modo tepidi christiani, qui propter iram alicuius potentis sive donum deserunt veritatem et convertuntur ad iniustitiam'.

[1] C. 11 (c. 1308): 'Et tamen multi verbo veniam petunt et malum, quod ei intulerunt, non emendant, non est talis venia deo accepta.. Verbi gratia quidam adquisivit hominem iniuste vel tulit alodem alicuius et venit ad confessionem et dicit: Mea culpa, peccavi in tali facto, da mihi poenitentiam, et dicit illi: Abstine te tanto tempore a vino et carne. O quam aperta seductio! Nepotes illius serviunt omni die et in fine mundi aut centum aut ducenti erunt servi de illo uno. Et iste seductor dicit illi: Salvus eris. Alodem et aurum, quod tulit, ipse habet et abstinet a suo vino, unde accipiet cras solidos plures quam si bibisset'. C. 14 (col. 1321): 'Lupus.. habet a moribus ethymologiam, eo quod rapacitati sit semper deditus et cruori (cf. Isid. Etym. XII, 2, 23). Similes sunt qui semper alios christianos cupiunt depraedare aut per violentiam aut etiam quasi per legem mundanam. Si sunt de eius beneficio aut etiam servi vel si habent ministerium super illos, quaerunt occasiones, ut quasi per legem possint eos expoliare; non cogitant, quod de una progenie sunt et de uno patre, sed peius quam suos canes eos tractant.. Multi christiani dicuntur, sed actione lupi sunt; multi non solum laici sed et clerici lupi moribus sunt, qui in ovile domini inter oves videntur, sed lupi sunt etiam et rapaces.. Qui pauperum annonas pecunias prave devorant lupi rapaces sunt.. Dicunt: In beneficio mei sunt, secundum legem accipio quod accipio. Deus dixit: 'Diliges proximum tuum sicut te ipsum'. Imperatori et regi hoc dixit: 'Quicumque a christiano christianus dicitur, illi dixit' (Diliges — dixit fehlt bei Migne). C. 56 (col. 1485): 'Ista non cogitant qui aliis contra iustitiam libertatem auferunt aut alodem (übergeschr. videlicet censum). Ecce unum inseruit aut aufert alodem et nascuntur filii illi et in fine saeculi mille erunt, qui contra ipsum clamabunt, quia, sicut crescunt progenies, sic crescit peccatum illius et cum venit ad malum confessorem, iubet abstinere ei a vino aut a carne XL dies'.. C. 43 (col. 1418): 'Qui (scil. dives) non cogitat aliud, nisi ut possit.. in potentia saeculari exaltari de die in diem, quocunque ingenio opprimit vicinos et subditos sibi quoscunque potest calumniatur, ut augeat divitias suas.. Multa millia de istis habentur in isto saeculo'.

Nach irdischer Macht soll Niemand streben, der mit Christus leben will, denn sie ist stets mit Sünde befleckt,[1] noch soll Jemand aus Ehrgeiz und mit unlauteren Mitteln nach einem Bisthum trachten, das vielmehr auf göttlicher Verleihung beruhe.[2] Die Prachtliebe der Reichen, die selbst in ihren Gräbern zu Tage tritt, werde durch die Einfachheit der Bestattung Christi beschämt.[3] Die Spaltungen des Reiches, durch den Ehrgeiz der Könige hervorgerufen, erscheinen ihm als Vorboten des Untergangs, weil Zwietracht die Reiche zu Grunde richte.[4] Vor Gericht soll man weder einen Geistlichen noch einen Laien verurtheilen, ohne ein Geständniss seiner Schuld von ihm erlangt zu haben.[5]

Gelegentlich erfahren wir aus Christian Einzelnes von den Sitten Anschauungen seiner Zeit; so spricht er davon, dass es nur nach und längerer Trennung üblich sei, sich zu küssen,[6] dass manche im Kriege sich Zweige als Erkennungszeichen anzustecken pflegten,[7] dass auf fürstlichen Reisen Pfeifer verwendet würden,[8] dass die Hofleute die Grüsse auf der Strasse abgeschafft hätten.[9] Er erwähnt gefloch-

---

[1] C. 50 (col. 1437): 'Caveant ergo reges et episcopi istam damnationem agricolarum, ne forte et ipsi similia patiantur, si bene non excoluerint vineam domini'; c. 35 (col. 1384): 'nullus potest habere potestatem sine multis peccatis. Propterea qui vult sublimiter cum Christo regnare, non curet habere potestatem in hoc saeculo'.

[2] C. 35 (col. 1384): 'Similiter de episcopis credo, quod deus ordinatos habeat qui esse debeant in hoc saeculo episcopi.. Propterea non erit necesse cuiquam laborare inaniter pro episcopatu et cum peccato introire'; c. 47 (col. 1432): 'Si ergo Christus in ecclesia sua tales invenerit, qui per praemia verbum divinum, mysteria sacra id est episcopatus, presbyteratus diaconatus vendant vel emant, eiciuntur de ecclesia dei'.

[3] C. 56 (col. 1495): 'ex ista sepultura domini simplici ambitio divitum condemnatur, qui nec in sepulcro volunt carere divitiis'.

[4] C. 35 (col. 1384): 'Neque reges de regno certare debent, quia pro certo dominus habet ordinatum quicunque reges esse debent in hoc saeculo'; c. 25 (col. 1342): 'sicut in isto terreno regno, si divisum fuerit deperit et adnihilatur, sic etiam inter diabolos; c. 34 (col. 1366): 'discordia multa regna deiecit et annihilavit, concordia vero de parvis magna fecit et exaltavit, sicut adhuc hodie videmus'.

[5] C. 13 (col. 1319): 'Enimvero in iudiciis nullus debet neque clericum neque laicum iudicare, donec confessionem ipsius audiat de peccato unde agitur'; c. 35 (col. 1374): 'Hic debent omnes reges, episcopi et praepositi exemplum capere, ne de incertis causis iudicium promant, antequam veraciter crimen agnoscant'.

[6] C. 56 (col. 1480): 'Quod nunc apud nos non fit nisi post plures dies'.

[7] C. 56 (col. 1447): 'Fuerunt ergo illi fimbriae convenientes in bello, quia.. non decidebant sicut ramusculi, quos solent portare in bello, quod ob signum de nostris faciunt'. Vergl. auch c. 11 (col. 1311): 'Pallium.. non est in usu apud nos. Nam illud, quod fibula infrenante induimus, clamis vocatum est apud antiquos'.

[8] C. 23 (col. 1339): 'Adhibebantur (sc. tibicines) autem antiquitus funeribus mortuorum, nunc itineribus principum'. Im Anschluss an eine Stelle Isidor's (Etym. III, 20, 4) heisst es von den tibiae: 'modo vero et de gruibus fiunt et de metallis'.

[9] C. 26 (col. 1347): '..salutare debemus christianos, quia sic fuit consuetudo apud antiquos nostros.. Sed ex mala consuetudine et doctrina adolevit apud palatinos, ut nullus conparem suum obvianti bona inprecetur'.

tene Körbe, in denen Opfergaben in den Kirchen dargebracht zu werden pflegten.[1] Er räth zur Vorsicht bei der Wahl der Frauen, bei der am meisten Werth auf den Charakter und auf die Gesundheit gelegt werden müsse. Den Weibern im Allgemeinen, die er nicht ganz so tief herabsetzt, wie etwa Petrus Damiani und andere Asketen des Mittelalters, wirft er brennende Neugier, Wankelmuth und Furchtsamkeit vor.[2] Durch ausschweifenden Wandel seien zu seiner Zeit selbst Frauen vornehmen Standes bis an den Bettelstab gebracht worden. Vielleicht eine Anspielung auf die berüchtigte Gräfin Engeltrud, die Tochter Matfrids und Gemahlin des Grafen Boso. Sogar vor dem Selbstmorde zu warnen, was man in jener Zeit kaum erwarten würde, findet Christian für nöthig.[3] Mörder, die nicht genügend Busse gethan, träfe gewöhnlich schon hier der verdiente Tod (col. 1486). Alle blossen Geldgeschäfte, mit denen keine wirkliche Arbeit verbunden ist, erscheinen ihm sündhaft, wenn Jemand z. B. an einem Orte Gold oder Silber erwirbt und es dann für doppelten Preis verkauft.[4] Beiläufig erwähnt Christian, dass es noch Leute gäbe, die den Gott Neptun verehrten,[5] wiewohl er doch gleich den anderen Heidengöttern der Hölle angehöre. Die bösen Geister denkt er sich gleich Vögeln durch die Luft fliegend und von schwarzer Farbe.[6] Auch für medicinische Dinge verräth er hier und da ein gewisses Verständniss: er meint, dass manche Krankheiten in einem Monat schlimmer seien, als in dem andern, weil der aus den vier Elementen gebildete Leib mit ihnen wüchse oder abnehme (col. 1302). Fieberkranke befänden sich am elendesten, wenn das Fieber aufgehört habe (col. 1328). Die Ansicht der Ärzte, dass Lähmungen durch

[1] C. 35 (col. 1393): 'Fiunt autem et ipsae sportae et parvae, quas videmus in basilicis cum oblationibus ferri'.

[2] C. 42 (col. 1413): 'Vidimus enim quasdam et nobiliter natas et ditatas ad tantam inopiam pervenisse propter incontinentiam morum, ut mendicando vitam finirent. Multas vero audivimus ob fornicationis malum occisas. Et e contrario alias' etc.; c. 56 (col. 1483): 'Curiosum animal est femina et ardens novitate'; cf. col. 1353. 1499.

[3] C. 43 (col. 1416): 'Sed quod dici dolor est, adhuc hodie nomine tenus christiani hoc faciunt: cuius periculi malum ad episcopos respicit, qui eis non annuntiant, quia non finiunt tristicias et tribulationes, sed multiplicant, dum de istis tormentis ad atrociora transeunt'.

[4] C. 22 (col. 1335): 'Sunt denique negotia, quae non exercentur absque peccato' etc. (vergl. col. 1439). Über die Münzer heisst es (col. 1468): solent monetarii accipere argentum ab aliquibus et solent denarios formare et post annum integrum reddere quod acceperunt et medietatem de ingenio suo super acceptum.

[5] C. 35 (col. 1385): '.. maxime his qui credunt errorem paganorum, quod Neptunus aliquam potestatem habeat in aquis, qui tenetur in inferno ut alii iniqui'. Vergl. Ermenrici epist. p. 29.

[6] C. 35 (col. 1400): 'excepti a nigerrimis daemonibus'; (col. 1371): 'Quod daemones volucres vocantur, quia discurrunt per aera in morem volucrum'.

Überfülle an Blut entständen, hält er für falsch, weil sie nur in höherem Alter einträten, in dem das Blut schon zu schwinden anfinge (col. 1332). Die Lähmung auf der rechten Seite sei minder gefährlich als die auf der linken. Über die Entstehung des Donners trägt er zwei verschiedene Ansichten vor: nach der einen erfolgte er durch den Zusammenstoss von Regenwolken mit solchen, die keinen Regen enthielten, nach der andern durch den in der Wolke eingeschlossenen Wind, der einen Ausweg suchte (col. 1369. 1393).

Christian zeichnet sich durch einen nüchternen geschichtlichen Sinn aus, er erklärt es für eine Pflicht der Geschichtschreiber ebenso wie in den Urkunden genaue Zeitbestimmungen zu geben und gemäss den Anschauungen ihrer Zeit zu berichten.[1] Zum Verständniss des biblischen Textes verweist er oft auf die besonderen Sitten und Gebräuche der Hebräer. So wirft er z. B. die Frage auf, wie es komme, dass in dem Stammbaume Christi sich mehrere Sünderinnen befänden und er beantwortet sie dahin, einerseits solle dadurch angedeutet werden, dass Christus nicht gekommen sei, die Gerechten zu suchen, sondern die Sünder, andererseits aber hätten die Frauen in jener alten Zeit mehr nach Nachkommenschaft getrachtet, um die Erde zu bevölkern, als nach der Erhaltung der Keuschheit im Jungfrauen- oder Wittwenstande, die ihnen noch gar nicht auferlegt worden sei (col. 1269). Zu dem Vergleiche der Lilien auf dem Felde mit Salomon bemerkt er, es habe noch reichere Könige gegeben als diesen, z. B. Nebukadnezar, Ahasver, Octavian und ihre Nachfolger, aber keiner sei den Juden so bekannt gewesen wie Salomon (col. 1318). Über den Stern der drei Weisen oder Könige aus dem Morgenlande, den er sich der Erde näher denkt, weist er unbegründete Fabeleien zurück und hält die Taube, die bei der Taufe Jesu den heiligen Geist vertrat, nach der Ansicht seiner Lehrer für eine wirkliche Taube.[2] Er verwirft jede Anbetung der Heiligen, weil diese nur als unsere Fürsprecher zu betrachten seien und Gott allein wirkliche Verehrung gebühre.[3] Bei der Auslegung der Worte, mit denen das Abendmahl eingesetzt

[1] C. 1 (col. 1274): 'etiam consuetudo historiographorum est historiam sic scribere sicut eo tempore putatur, quando res agitur'; c. 35 (col. 1380): '.. sicut eo tempore a praesentibus putata est'; c. 2 (col. 1280): 'Usus fuit historiographorum ut, quando historiam scriberent, tempus regis adnotarent, sicut etiam nunc fit non solum in gestis sed etiam in cartis'.

[2] C. 2 (col. 1282): 'Et multa dicunt aliqui de stella hac, qui quia non habent fontem veritatis praetermittere malui'; c. 5 (col. 1295): 'Sic audivi tradere eum, qui mihi primus evangelium exposuit (sed nec Hieronimus neque Beda de hoc quidquam dicunt) quod vera columba fuerit et veram carnem habuerit et verum corpus'.

[3] C. 6 (col. 1300): 'a nullo sancto petamus remissionem peccatorum sed per eos studeamus impetrare, ut detur nobis a deo, neque credamus in aliquem nisi in deum, quia credimus sanctos, sed non credimus in sanctos'.

wurde, denkt er offenbar nur an einen geistigen Genuss (spiritaliter) des Leibes und Blutes, an ein Erinnerungsmahl, nicht an eine leibliche Wandlung.[1] Man hat daher in seinen etwas unbestimmten Wendungen die evangelische Auffassung wieder gefunden und von katholischer Seite deshalb auf Grund einer angeblich neu entdeckten Handschrift eine Änderung der entscheidenden Worte versucht, die gerade so in der ersten Ausgabe aus katholischer Zeit gedruckt sind. Christian weiss, dass erst nach der apostolischen Zeit durch eine Synode vorgeschrieben worden sei, das Abendmahl stets nüchtern zu geniessen.[2] Die von vielen getheilte Ansicht, dass das jüngste Gericht im Thale Josephat stattfinden würde, verwirft er: vielmehr sei es im Himmel zu erwarten.[3] Die Ehelosigkeit der Priester und Diakonen betrachtet er nur als kirchliche Gewohnheit.[4] Von dem heiligen Petrus bemerkt er, dass derselbe zwar 25 Jahre Bischof in Rom gewesen, aber nicht über fünf Fuss breit Landes verfügt habe, nunmehr aber verfüge er über ein grosses Reich an Landgütern und Knechten durch die ganze Welt und ähnlich wie er andere Heilige um der Liebe Gottes willen.[5]

Dass nach der historischen auch die allegorische Erklärung zu ihrem Rechte kommt, lässt sich voraussetzen und in ihr spielt namentlich die beliebte Zahlensymbolik eine grosse Rolle. So wird die Heiligkeit der Vierzahl erhärtet durch die 4 Evangelien, 4 Himmelsgegenden, 4 Elemente, 4 Ströme des Paradieses, 4 Buchstaben des Namens Adam u. s. w., die der Zwölfzahl durch die 12 Monde, 12 Stunden des Tages und der Nacht, 12 Unzen im Pfunde, 12 Sternbilder im Thierkreise, 12 Stämme Israel und 12 Apostel. Die 4 Kriegsknechte theilten die übrigen Gewänder Christi und loosten um den ungenähten Rock: dies bedeutet, dass das Evangelium an allen 4 Enden der Welt verkündet werden soll, während die Kirche eine einige und ungetheilte für den ganzen Erdkreis ist. Solche und ähnliche Deutungen sind jedoch Christian nicht eigenthümlich, sondern von ihm

---

[1] C. 56 (col. 1476): 'Hoc est corpus meum: id est in sacramento. . . non inconvenienter sanguis Christi per hoc (scil. vinum) figuratur . . transferens spiritaliter corpus in panem, vinum in sanguinem' etc.

[2] Ibid. col. 1477: 'Post vero cum venerunt Hebraei ad communicandum, tunc praeceptum est in synodo, ut unusquisque homo . . prius reficiatur de cibo spiritali et postmodum de temporali'.

[3] Ib. col. 1469: 'Multi autem putaverunt in valle Iosaphat . . futurum esse iudicium, sed nequaquam verum est' etc.

[4] C. 42 (col. 1415): 'Et ideo non est necesse per coniugatos ministeria dei administrare'.

[5] C. 26 (col. 1344): 'non tamen vel quinque pedes de terra sibi in potestate habuit'; c. 43 (col. 1421): 'Nunc quoque magnum regnum habet (sc. beatus Petrus) de villis et servis per omnem mundum et ipsi et omnes sancti propter amorem dei'.

nur entlehnt, wie er denn seine Quellen im Einzelnen nicht namhaft zu machen pflegt.

In seiner Vorrede spricht Christian davon, dass er vielleicht auch noch Auslegungen zum Lucas und Johannes abfassen wolle, während es für Marcus nach Beda vollkommen überflüssig sei. Zum Lucas habe er vergeblich einen Commentar des Beda gesucht und nur Homilien gefunden und zum Johannes dem Adler nähme Augustinus als Ausleger einen zu hohen Flug, so dass er für die schwächeren als Erklärer nicht ausreiche. In der That sind uns nun unter dem Namen Christians Auslegungen zu jenen beiden andern Evangelisten überliefert, in ihrer Kürze aber erscheinen sie neben dem zum Matthäus nur wie dürftige und unzusammenhängende Auszüge.[1] Wenn man daher auch nicht berechtigt ist, sie Christian abzusprechen, so können sie in dieser Gestalt schwerlich als fertige Werke gelten. Vielleicht handelt es sich um unvollständige Nachschriften nach seinen Vorträgen.

Die erste Ausgabe Christians veranstaltete zu Strassburg in Folio der bekannte Humanist Jakob Wimpheling aus Schlettstadt im J. 1514. Sie füllt mit der angehängten Schrift des Erzbischofs Martin von Braga an den König Miro 102 Blätter und umfasst auch die Commentare zum Lucas und Johannes. Diesen folgt eine nur dort vorhandene Homilie über das 13. Capitel des Matthäus, die wohl ebenfalls von Christian herrührt. Über ihre handschriftliche Grundlage wissen wir nichts. Dem mit dem päpstlichen Wappen Leos X. geschmückten Titelblatte, auf dessen Rückseite ein Privilegium Maximilians steht, folgen 2 Widmungen, die erste an den Heidelberger Professor Georg Nigri ex lapide leonis, die andere an den Strassburger Johannitercomthur Balthasar Gerhard. In der ersten rühmt der Herausgeber die Vorzüge Christians aufs lebhafteste und erklärt ihn für einen Schriftsteller, der eifrig gelesen zu werden verdiene. Das Werk ist bei ihm in 73 Capitel eingetheilt, deren Überschriften voranstehen. Ausser einem Register hat er nur einen Holzschnitt der Kreuzigung hinzugefügt. Diese jetzt ausserordentlich seltene editio princeps ist die Grundlage aller weiteren Abdrücke in den Sammlungen der mittelalterlichen Kirchenschriftsteller, von denen die letzte sich in Mignes Patrologia lat. t. 106 (a. 1851) findet. Es ist daher unrichtig, wenn sowohl Wetzers und Weltes Kirchenlexikon

[1] Vergl. oben S. 943 A. 1. Wie über den Honig, so steht auch über die Heuschrecken an beiden Orten Widersprechendes. col. 1291: 'Sed tamen in illa terra maiores (sc. locustae) quam in nostra inveniuntur'; col. 1520: 'Locustae sunt in ipsa terra minimum genus, quarum corpuscula in modum digiti manus exilia et brevia sunt' etc. Vergl. Hist. litér. de la France V, 88.

(2. Aufl. III, 2089) als Herzogs Realencyklopädie für protestantische Theologie (2. Aufl. III, 722), die sich auf jenes zu stützen scheint, sie für »verloren gegangen« oder »soviel wie verschwunden« erklären, da ja ihr Inhalt sich sowohl unmittelbar wie mittelbar erhalten hat.

Auf Wimpheling folgte 1530 der Protestant Menrad Molther, der bei Johann Secerius zu Hagenau Christians Commentar in klein Octav auf 343 Blättern abdrucken liess nach einer, wie er behauptet, unleserlich und fehlerhaft geschriebenen Hs., die er ex divi Andreae apud Vangionum Vormatiam bibliotheca entliehen hatte. Von der früheren Ausgabe, obgleich sie ebenfalls im Elsass erschienen war, wusste er nichts, glaubte vielmehr der erste Herausgeber zu sein. Voran geht bei ihm ein elegisches Gedicht an den Dr. med. Johann Locer aus Horb, den Leibarzt des Pfalzgrafen, und eine Widmung an den Probst Rudiger von Weissenburg. In der letzteren verbreitet er sich über Christian, dem er ein ingenium mire dextrum candidumque nachrühmt, seine Auslegung zum Matthäus nennt er venustam eruditam perspicuam facilem atque in hoc genere piissimam und meint, scriptorem hunc plus in recessu quam fronte promittat habere. Die Capiteleintheilung ist dieselbe wie bei Wimpheling, allein es fehlen nicht blos die Commentare zum Lucas und Johannes, sondern an dem zum Matthäus das letzte Stück des letzten Capitels, welches eine längere, eigentlich nicht zur Sache gehörige Erzählung über die Synode von Chalcedon (den Streit mit Eutyches)[1] enthält, so dass es sich nicht um eine unvollständige Hs., sondern um eine andere Redaction zu handeln scheint. Molther hat am Rande seiner Ausgabe dem Texte eine Reihe von Verweisungen hinzugefügt,[2] wodurch er die Herkunft einzelner Stellen aus Origenes, Chrysostomus, Gregor und Augustinus andeutet. Auch diese zweite Ausgabe Christians ist jedenfalls sehr selten und die Annahme, dass ihr Text in die Sammlungen der Väter übergegangen sei, eine völlig irrige. Es ist bemerkenswerth, dass ein Humanist und ein Anhänger der Reformation mit gleich warmer Empfehlung unseren Christian zuerst durch den Druck vervielfältigten und beide ihm noch einen unmittelbaren Werth für ihre Zeit zuschreiben wollten.

[1] Molther schliesst f. 343 mit den Worten: 'Ecce ostendit duas sibi inesse naturas, unam quae recedebat corporis, alteram quam pollicebatur id est divinitatis' (col. 1502 bei Migne).

[2] So heisst es bei ihm f. 23' 'Ex Origenis Homelia', f. 25 und 25' 'Ex Origine', f. 44, 52', 66' 'Verba divi Gregorii' oder bloss 'Gregorii', f. 89 'Ex Augustino', 92 'Ex Origine', 133' 'Haec ex Chrysostomo', f. 235' 'Haec apud Lactantium et Augustinum de civitate Dei', f. 239' 'Ex Chrysostomo haec sententia', 286' 'Verba Gregorii'. An allen diesen Stellen nennt Christian selbst keine Quelle.

Über die Wiener Hs. Christians hat Denis (Codd. manuscr. bibl. Vindobon. I, 1, 297—303), ausführlich berichtet, die Münchener habe ich selbst eingesehen und stellenweise verglichen.[1] Beide enthalten auch die Commentare zum Lucas, nur die Wiener den zum Johannes, und ihr Text stimmt mit der editio princeps wesentlich überein. Über die von Sixtus von Siena entdeckte Hs. der Franziskaner zu Lyon ist Näheres nicht bekannt, da nur eine Stelle daraus angeführt wird. Man könnte an ihrer Existenz zweifeln.

[1] Jene, Nr. 724 (Theol. 122) saec. X fol., enthält auf 286 Blättern nur die Werke Christian's. Diese, bezeichnet 14066 (S. Emmerammi) saec. XI, von mir hie und da verglichen, enthält auf 192 Blättern ebenfalls die Werke Christian's. Auf f. 1 lautet die Ueberschrift 'Incipit prologus Christiani', f. 2 'Incipiunt capitula de euuangelio secundum Matheum' (sie reichen bis LXI 'De reddendo que dei sunt'), f. 2' 'Expliciunt capitula. Incipit euangelium secundum Matheum'; f. 182' 'Explicit commentum Christiani super Matheum. Incipit aliud super Lucam'; f. 192' 'Explicit commentum super Lucam', woran sich einige Worterklärungen schliessen. Die Capitel stimmen nicht ganz mit den Drucken überein, so werden vorn 5 und 6 zusammengefasst unter der Ueberschrift: 'De baptizatione domini. De temptatione domini', dagegen auf f. 26 das letztere wieder als besonderes Capitel betrachtet.

Ausgegeben am 24. Juli.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1890.

XXXVIII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

---

24. Juli. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Curtius.

Hr. Kundt sprach über das optische und elektrische Verhalten dünner Metallschichten und legte die folgenden im physikalischen Institut der hiesigen Universität ausgeführten Arbeiten vor:

1. H. E. J. G. du Bois und H. Rubens, Brechung und Dispersion des Lichts in einigen Metallen.

2. L. Arons, Beobachtungen an elektrisch polarisirten Platinspiegeln.

Beide Mittheilungen erfolgen umstehend.

Von der physikalisch-mathematischen Classe sind bewilligt: 3000 Mark dem Königl. Forstassessor Hrn. Dr. A. Möller in Berlin zu einer Reise nach Süd-Brasilien behufs Ausführung mykologischer Studien; 500 Mark dem Privatdocenten Hrn. Dr. J. Linck zu Strassburg i. E. zur petrogenetischen Untersuchung einer Gesteinsinsel des obern Veltlins; 1000 Mark dem Privatdocenten Hrn. Dr. O. Hamann in Göttingen zur Fortsetzung seiner Untersuchungen über Echinorhynchen; von der philosophisch-historischen Classe 500 Mark dem Oberlehrer Hrn. Dr. G. Bauch in Breslau für bibliothekarische Forschungen zur Geschichte des deutschen Humanismus.

Brechung und Dispersion des Lichts in einigen Metallen.

Von Dr. H. E. J. G. du Bois und Dr. H. Rubens
z. Zt. in Berlin.

(Vorgelegt von Hrn. Kundt.)

(Hierzu Taf. VI.)

1. Einleitung. In zwei grundlegenden Abhandlungen[1] hat Hr. Kundt eine Methode beschrieben, mittels äusserst dünner Prismen die Gesetze der Lichtfortpflanzung in den Metallen zu erforschen. An der Hand dieser Methode ist es ihm gelungen, für eine grössere Reihe von Metallen den Brechungsindex für senkrecht durchgehendes Licht, den ungefähren Betrag der Dispersion, sowie den Einfluss der Temperatur auf ersteren zu ermitteln. Um überflüssige Wiederholungen zu vermeiden, werden wir uns in dem Folgenden häufig mit Hinweisen auf jene überall zugänglichen Arbeiten begnügen.

2. Wir haben, unter Beibehaltung der Methode, auch bei schiefem Durchgang des Lichts Beobachtungen angestellt, um daraus zunächst für einige wenige Metalle eine empirische Brechungsregel abzuleiten. Ferner haben wir es versucht die Dispersion unter Benutzung von vier spectral wohl definirten Lichtgattungen möglichst genau zu bestimmen. Dabei beschränkten wir uns auf die experimentelle Untersuchung von Eisen, Cobalt und Nickel, und zwar aus folgenden Gründen.

Einmal haben Hr. Lobach[2] und der Eine von uns[3] Werthe für die Dispersion des Kundt'schen bez. Kerr'schen magnetooptischen Phaenomens in eben diesen drei Substanzen geliefert; diese Zahlen beziehen sich auf dieselben, nun auch von uns angewandten Lichtgattungen. Wir hoffen auf diese Weise zur experimentellen Beschaffung streng vergleichbarer metalloptischer Constanten einiges beizutragen.

[1] Kundt, diese Berichte Febr. 1888 S. 255 und Dec. 1888 S. 1387; im Folgenden als (A) bez. (B) citirt. Abgedruckt in Wied. Ann. 34 S. 469, 1888 und 36, S. 824, 1889. Übersetzt in Phil. Mag. [5] 26 S. 1, 1888.

[2] Lobach, Inauguraldiss., Berlin 1890. Wied. Ann. S. 358, 1890.

[3] du Bois, Wied. Ann. 38 S. 38, 1890. Phil. Mag. [5] 29 S. 264, 1890.

Sodann gehören die genannten Metalle zu denen, deren elektrolytische Darstellung in keilförmigen Schichten bei hinreichender Übung ohne allzu grosse Schwierigkeiten gelingt. Wir glauben deshalb mit einiger Sicherheit annehmen zu dürfen, dass unsere Praeparate an Güte wenig zu wünschen übrig liessen.

Endlich trägt die erhebliche Brechung zur Genauigkeit der Messungen sehr bei. Wir werden übrigens gelegentlich das Verhalten einiger Edelmetalle mit weit geringerem Brechungsindex zu discutiren haben; doch haben wir hierzu nur einige orientirende Versuche anstellen können.

3. Die Versuchsanordnung war wesentlich die von Hrn. Kundt bei seinen Versuchen in Berlin benutzte und von ihm beschriebene (B. S. 1389—91). Die Heizvorrichtung wurde von uns nicht angewandt, dafür aber einige specielle Vorkehrungen getroffen, welche an geeigneter Stelle angegeben werden sollen. Zur Ablesung wurde nicht, wie früher, der Theilkreis des Spectrometers benutzt, noch ein Ocular mit Fadenmikrometer. Die Einstellungen wurden statt dessen in allen Fällen durch drehen an der Alhidadenschraube des (zehnfach vergrössernden) Spectrometerfernrohrs bewirkt; dadurch wurde bei der Messung der Prismenwinkel das reflectirte Bild des Fadenkreuzes, bei Beobachtung der Ablenkungen das Spaltbild zwischen die Parallelfäden im Ocular eingestellt. Während der eine Beobachter diess ausführte, wurde die Ablesung an der Trommeltheilung der Alhidadenschraube vom Andern mittels eines Hülfsfernrohrs vorgenommen; es entsprach ein Trommeltheil einer Drehung der Fernrohraxe um 4″20.

Prismenwinkel und Ablenkungen sind im Folgenden stets in Bogensecunden angegeben, wie sie aus 20 Einstellungen erhalten wurden. Im allgemeinen wurde vor jedem solchen Satze die Güte der Collimirung geprüft, und zwar durch Beobachtungen an den seitlichen unbelegten Fenstern, in der von Hrn. Kundt (B. S. 1390) vorgeschriebenen Weise.

4. Controlversuche sind von Hrn. Kundt in erheblicher Anzahl angestellt worden (A. S. 263—265). Wir haben daher nur zur Prüfung des Collimirverfahrens noch einige Messungen ausgeführt. Eine sehr vollkommene, planparallele Platte von Steinheil wurde derart mit schwarzem Lack überzogen, dass nur vier, $0^{\mathrm{cm}}2$ breite und $1^{\mathrm{cm}}0$ hohe Fenster offen blieben, die ihrer gegenseitigen Lage nach ebenso gruppirt waren, wie die Fenster und Prismenöffnungen unserer Metallpraeparate (siehe Fig. 1). Nach der wie üblich ausgeführten Collimirung an den beiden äusseren Fenstern ergaben die beiden inneren nunmehr einen scheinbaren Winkel von 0″2, eine scheinbare Ablenkung von 0″4. Eine ganz ähnlich behandelte platinirte Glasplatte

gab anstatt dessen die Werthe $1''.3$ und $1''.8$; dieselbe war als »mittelmässig« bezeichnet und weniger eben als irgend eine derjenigen, welche unsere Versuchsprismen trugen. Dass letztere Platten mit grosser Sorgfalt ausgesucht und mittelst des Gauss'schen Oculars geprüft wurden, bedarf kaum der Erwähnung.

Da die Winkel der untersuchten Prismen zwischen $15''$ und $25''$ lagen,[1] die Ablenkung aber in weitaus den meisten Fällen über $20''$ (bis zu $200''$, vergl. § 11) betrug, so war nach den oben angeführten Zahlen die Collimirungsmethode für unsere Zwecke genügend. Was die Bestimmung der Ablenkungen betrifft, so bemerken wir noch, dass diese nicht durch wiederholte innere Reflexion getrübt sein kann. Waren doch die Prismen stets so dick, dass eine dreifach stärkere Schicht undurchsichtig gewesen wäre.[2]

5. Eine allgemeine Schätzung der erreichten Genauigkeit ist undurchführbar; denn es hat ein jedes Prisma seine besondere Individualität, welche darauf den grössten Einfluss übt. Wir haben daher ausser den endgültigen Werthen auch detaillirtes Beobachtungsmaterial mitgetheilt (Tab. 1 und 3), welches für die Beurtheilung unserer Messungen einen Anhaltspunkt bieten soll.

Unsere Prismen wurden stets in Exsiccatoren verwahrt. Bei dieser Behandlung lässt ihre Haltbarkeit nichts zu wünschen übrig. Beispielsweise fanden wir Prismenwinkel und Ablenkung eines Cobaltprismas (Co III), welches sechs Monate unberührt gelegen hatte, innerhalb der Fehlergrenzen unverändert. Dasselbe war nach vier Monaten der Fall bei einem Eisenprisma (Fe III), dessen Lackblendung überdiess entfernt und durch eine neue ersetzt worden war: nebenbei ein Beweis für die Ebenheit der Flächen, da bei der neuen Blendung sicherlich nicht genau dieselben Flächenstücke blosslagen wie bei der alten.

Noch sei erwähnt, dass gelegentlich an unseren Prismen auf einem Spectrometer von Schmidt und Haensch von Hrn. Shea im hiesigen Institute Versuche angestellt sind; dieselben ergaben dann immer eine sehr befriedigende Bestätigung unserer Resultate.

I. Die Brechung.

6. Messungen der Ablenkung bei schiefem Durchgang des Lichts durch die Prismen würden an sich wenig Interesse geboten haben.

[1] Eine einfache Rechnung zeigt, dass die Benutzung von Prismen mit erheblich grösserm Winkel ausgeschlossen ist, wenn man die dünnste Stelle $> 3 \cdot 10^{-6}$cm, die dickste $< 13 \cdot 10^{-6}$cm halten will; die mittlere Prismenbreite kann dabei auf $0^{cm}.15$ geschätzt werden.

[2] Vergl. Wernicke, Pogg. Ann. 155 S. 88, 1875, auch Rathenau, Inauguraldiss. Berlin 1890.

Es lag uns daher zunächst ob, aus dem Gange dieser Messungen in unbefangener Weise zu der Beziehung zu gelangen, welche zwischen den Neigungen der Wellenfront im Metall bez. in der Luft zur Grenzebene beider Medien stattfinden muss. Dabei sollte jegliche Nebenhypothese vermieden und auch eine Stütze an einer der gegenwärtig bestehenden optischen Theorien nicht gesucht werden. Inwiefern wir auf dem so vorgeschriebenen Wege zum Ziele gelangt sind, wird die folgende Behandlung des gestellten Problems zeigen müssen.

7. Bezeichnungen. Zunächst sei bemerkt, dass immer mit genau parallelem Licht beobachtet wurde, wir es mithin stets mit ebener Wellenfront zu thun haben, deren Normale wir in Bezug auf ihre Richtung in's Auge zu fassen haben. Die Winkel dieser Richtungen mit den Normalen auf den die Luftseite begrenzenden Prismenflächen seien im Metalle mit i_m, in Luft mit i bezeichnet. Es sind diess auch die Neigungen der Wellenfronten zu beiden Seiten der Grenzebene Metall-Luft. Für den Brechungsindex wählen wir das übliche Symbol n; derselbe hat einen strengen physikalischen Sinn nur dann, wenn das Snellius'sche Sinusgesetz genau oder mit unendlicher Annäherung gilt (vergl. 12).

Den mittels Gauss'schen Oculars direct gemessenen Normalenwinkel beider Prismenflächen nennen wir in Anlehnung an Hrn. Kundt den »Prismenwinkel« β; derselbe ist die Summe der Winkel beider Prismen. Der Winkel zwischen zwei, durch je ein Prisma gegangenen, ursprünglich parallelen Lichtbündeln ist die Ablenkung α. Sowohl α als β können für unsern vorliegenden Zweck als unendlich klein betrachtet werden, eine die mathematische Behandlung sehr vereinfachende Eigenschaft.

8. Rechenverfahren. In Fig. 1 ist ein Horizontalschnitt unserer Praeparate schematisch dargestellt. Die Prismenflächen sind 1 und 2 numerirt und diese Zahlen den betreffenden Grössen als Indices angehängt. Betrachten wir nun zwei, einander parallele, unendlich dünne Lichtbündel 1 und 2, so ist klar, dass dieselben bis in das Metall M hinein einander parallel bleiben werden; und zwar etwa bis zu den Punkten A_1 und A_2, welche den Flächen 1 und 2 unendlich nahe liegen. Es bleibt diess offenbar auch dann der Fall, wenn die Glasplatte (resp. auch die Platinschicht) keilförmig ist. Auch die Vorgänge an den Grenzflächen a, b, c können den Parallelismus beider Bündel in keiner Weise beeinträchtigen. Vielmehr geht dieser erst durch die Brechung an der vierten Grenze Metall-Luft verloren. Daher ist es dieser letzte Grenzvorgang und kein anderer, den wir durch unsere Versuche näher kennen lernen werden. Durch ihn muss i eindeutig bestimmt sein, wenn i_m gegeben ist. Für unsern Zweck empfiehlt es sich jedoch

eher i als unabhängige Variabele zu betrachten, da letzterer Winkel der direct gemessene ist.

Wir setzen daher $i_m = f(i)$, eine zwar vorläufig unbekannte, aber offenbar einwerthige ungerade Function. Aus der einfachen Betrachtung der Fig. 1 folgt jetzt sofort:

$$i_{m2} - i_{m1} = di_m = \beta$$
$$\text{und } i_2 - i_1 = di = \alpha + \beta.$$

Daher

$$\frac{di_m}{di} = f'(i) = \frac{\beta}{\alpha + \beta}$$

und

(1) $$f(i) = \int_0^i \frac{\beta di}{\alpha + \beta}.$$

9. Aus unseren Messungen kennen wir nun die Werthe von α, daher auch von $\beta/(\alpha + \beta)$ für eine Reihe von Werthen von i. Wir erhalten somit in gewissem Sinne eine experimentelle Differentialgleichung einfachster Art, die wir nur zu integriren brauchen um zu der gewünschten Beziehung zwischen i_m und i zu gelangen. Das haben wir in der That ausgeführt. Zu den Abscissen i wurden Werthe von $\beta/(\alpha + \beta)$ als Ordinaten aufgetragen, durch diese Punkte eine glatt verlaufende Curve gezogen, und durch graphische Quadratur die Werthe des Integrals $f(i)$ ermittelt; und zwar davon ausgehend, dass $f(o) = o$ ist, was schon aus Gründen der Symmetrie zutreffen muss.

10. Wenn die Prismen aus gewöhnlicher, durchsichtiger Substanz vom Brechungsindex n gebildet wären, so gälte das SNELLIUS'sche Gesetz: es wäre

(2) $$i_m = f(i) = \arcsin\left(\frac{\sin i}{n}\right).$$

Daraus erhielte man dann durch Differentiation die beiden expliciten Gleichungen

(3) $$n = \sqrt{\left\{\left(\frac{\alpha}{\beta} + 1\right)\cos i\right\}^2 + \sin^2 i}$$

und

(4) $$\alpha = \beta\left\{\frac{\sqrt{n^2 - \sin^2 i}}{\cos i} - 1\right\}$$

welche im Folgenden wiederholt zur Rechnung benutzt werden, je nachdem ausser i und β entweder α oder n als bekannt angenommen werden. Die Discussion der Gleichung (3) ergibt noch, dass beim Minimum der Ablenkung (für $i = o$)

(5) $$\alpha = \beta(n-1) \quad \left[\text{oder } n = \frac{\alpha}{\beta} - 1\right]$$

wird und sich daher in dessen Nähe wenig ändert (vergl. A. S. 259). Wenn i sich dem Werthe 90° nähert, so strebt α dem Werthe ∞ zu, wenigstens so lange $n > 1$ ist, also keine Totalreflexion eintritt (vergl. 15).

11. Die Versuche wurden damit begonnen, dass das Praeparat vertical auf dem Spectrometertischchen befestigt wurde. Mittels der vorhandenen Kreistheilung konnte der Prismennormale jede beliebige Neigung links (+) oder rechts (—) von der Fernrohraxe ertheilt werden. Nach einigen orientirenden Vorversuchen haben wir regelmässige Messungen angestellt bei $i = 0°, 30°, 40°, 50°, 55°, 60°, 65°$, weil in diesen Intervallen die Zunahmen der Ablenkung einigermaassen gleichmässig erfolgten. In einigen Fällen konnten wir noch bei 70° Neigung beobachten; die Ablenkungen sind dann schon sehr beträchtlich, so erhielten wir mit einem Cobaltprisma nahezu 200″, also über drei Minuten. Jedoch wird dann die Projection der Prismenfläche auf das Fernrohrobjectiv zu schmal und daher das Spaltbild sehr durch Beugung verwaschen, so dass Messungen schwierig und trotz der erheblichen Ablenkung ungenau werden.

Tabelle 1.

(Prisma Fe III.)

β	Ablenkung α bei der Neigung i:						
	0°	± 30°	± 40°	± 50°	± 55°	± 60°	± 65°
				du Bois			
26″1	51″4	63″7	74″7	91″6	105″3	122″5	147″0
25.0	50.7	67.5	72.2	107.2	105.7	122.8	159.5
25.5	50.4						
	52.0						
25.7	51.1	65.6	73.5	99.4	105.5	122.7	153.3
				Rubens			
27″8	51″5	65″5	74″9	88″5	114″4	119″5	155″5
23.4	51.2	70.2	71.4	106.8	103.7	137.9	153.5
26.4	53.1						
	53.8						
25.9	52.4	67.9	73.2	97.7	109.1	128.7	154.5
				Mittelwerthe			
25″8	51″7	66″7	73″3	98″5	107″3	125″7	153″9

Die Lichtquelle zu diesen Beobachtungen war ein Zirkonbrenner mit vorgesetztem rothen Glase. Beispielshalber geben wir in **Tabelle 1**

eine vollständige Beobachtungsreihe wieder. Wie ersichtlich, bestimmte jeder Beobachter (aus 20 Ablesungen) eine Ablenkung bei + und eine bei — Neigung, welche im allgemeinen wesentlich dieselben Werthe ergeben. Der Winkel β wurde von jedem von uns dreimal, die Ablenkung bei senkrechtem Durchgang viermal gemessen, wegen des vorwiegenden Einflusses dieser Werthe auf die Endresultate. Die Mittelwerthe beider Beobachter sind für die Rechnung verwerthet.

Wir haben uns hier für jedes Metall mit der Untersuchung eines einzigen Prismas begnügt, während wir zu den Dispersionsmessungen je drei Prismen benutzten. Ebensowenig wie bei letzteren eine Abhängigkeit vom Prismenwinkel hervortritt (§ 18), dürfte diess bei schiefem Durchgang der Fall sein; und zudem war es uns hier weniger als dort darum zu thun durch Häufung der langwierigen Beobachtungen möglichst genaue Constanten zu erhalten.[1]

Tabelle 2.
(»Rothes« Licht.)

i	0°	30°	40°	50°	55°	60°	65°
			Prisma Fe III; $\beta = 25''\!.7$; $n = 3.06$.				
α beob.	51″.7	66″.7	73″.3	98″.5	107″.3	125″.7	153″.9
α (Snell.)	53.0	64.0	74.7	92.8	106.4	125.3	152.0
n, ber.	3.01	3.15	3.02	3.20	3.08	3.07	3.09
i_m, integr.	0°	9°.3	12°.0	14°.4	15°.4	16°.3	17°.1
i_m (Snell.)	0	9.4	12.1	14.5	15.5	16.4	17.2
Diff.	—	— 0.1	— 0.1	— 0.1	— 0.1	— 0.1	— 0.1
			Prisma Co III; $\beta = 23''\!.6$; $n = 3.10$.				
α beob.	47″.0	61″.2	72″.2	95″.1	113″.0	124″.0	152″.4
α (Snell.)	49.7	59.9	70.0	86.9	99.6	117.2	142.6
n, ber.	3.00	3.15	3.17	3.32	3.42	3.24	3.28
i_m, integr.	0°	9°.2	11°.8	14°.0	14°.9	15°.7	16°.4
i_m (Snell.)	0	9.3	11.9	14.3	15.3	16.2	17.0
Diff.	—	— 0.1	— 0.1	— 0.3	— 0.4	— 0.5	— 0.6
			Prisma Ni III; $\beta = 27''\!.7$; $n = 1.93$.				
α, beob.	27″.3	31″.3	36″.8	51″.0	61″.2	84″.4	114″.4
α (Snell.)	25.8	31.9	38.2	48.6	56.7	67.9	83.9
n, ber.	1.98	1.91	1.90	1.98	2.02	2.20	2.35
i_m, integr.	0°	14°.7	19°.2	23°.1	24°.8	26°.2	27°.3
i_m (Snell.)	0	15.0	19.5	23.4	25.1	26.6	28.0
Diff.	—	— 0.3	— 0.3	— 0.3	— 0.3	— 0.4	— 0.7

12. Die Resultate sind für alle drei Metalle in Tabelle 2 niedergelegt. Aus den beobachteten α (erste Horizontalzeile eines jeden

[1] Vergl. übrigens die im letzten Absatze des § 5 erwähnte, hier geübte, Controle.

Tabellenabschnitts) sind zuerst nach Gleichung (3) Werthe für n berechnet (Z. 3); und zwar geschah diess nur, um zu entscheiden, ob etwa das Gesetz von Snellius Geltung habe. Für Nickel nehmen nun die n bei wachsendem i zuletzt unzweifelhaft zu; dasselbe tritt bei Cobalt ebenfalls hervor, wenn auch weit weniger ausgeprägt. Bei Eisen liegen die beobachteten Abweichungen vom Snellius'schen Gesetze sämmtlich innerhalb der Fehlergrenze. Indessen ist anzunehmen, dass letzteres Metall sich in dieser Hinsicht nur quantitativ, nicht qualitativ, von den beiden verwandten Substanzen unterscheidet.

Zugleich mit der Constanz verliert nun aber n auch seinen physikalischen Sinn (7.); auch haben wir die variabelen Werthe nur deshalb angeführt, um ihre weitere Ausserachtlassung zu motiviren. Die nunmehr nachgewiesene Abweichung der Metalle vom Sinusgesetz beginnt erst bei Neigungen über 40° schärfer hervorzutreten. Wir glauben den Gang dieser Abweichung klarer darstellen zu können, wenn wir das Verhalten eines jeden Metalls mit demjenigen einer, zu diesem Zweck eingeführten, idealen durchsichtigen Substanz vergleichen. Und zwar soll letztere durch den Brechungsindex charakterisirt sein, welchen man als Mittel aus den bei 0°, 30° und 40° Neigung für das Metall gefundenen, innerhalb der Fehlergrenze gleichen n erhält.

Wir haben nun für diese fictiven Substanzen α und i_m nach den Gleichungen (4) und (2), d. h. also nach dem Snellius'schen Gesetze berechnet (Horizontalzeile 2 und 5). Endlich sind die durch die graphische Integration gewonnenen Werthe von i_m für das Metall in Z. 4 verzeichnet.

Der besseren Übersicht wegen haben wir den Inhalt der Tabelle 2 auch graphisch dargestellt (Fig. 2 und 3). In ersterer sind die α als Function von i aufgetragen; und zwar beziehen sich die gestrichelten Curven auf die idealen Substanzen, die gebrochenen Geraden auf die Metalle.[1] Bei Eisen tritt eine Abweichung beider Linien kaum hervor, bei Cobalt und besonders bei Nickel dagegen sehr deutlich.

Ebenso gibt Fig. 3 die Beziehung zwischen i_m (Ordinate) und i (Abscisse); die gestrichelten Curven betreffen wieder die ideale Substanz. Die Punkte ⊙, welche sich auf die Metalle beziehen, liegen alle etwas mehr nach der Seite der Abscissenaxe, was nur in der kleinen Zeichnung nicht sehr deutlich hervortritt.

13. Zusammenfassung. Folgendes glauben wir nun als festgestellt hervorheben zu können.

[1] Wegen des nahe gleichen Verhaltens von Co und Fe, mussten in sämmtlichen Fig. 2—4 die Ordinaten der Eisencurven von der höher gelegenen Hülfsabscissenaxe ab gezählt werden, um einer Verwirrung mit den Cobaltcurven vorzubeugen.

I. Bei dem Austritt aus Fe, Co und Ni (und voraussichtlich einer Reihe anderer Metalle) in Luft folgt das Licht bei geringen Austrittswinkeln zunächst fast genau dem SNELLIUS'schen Sinusgesetz.[1]

Es ist daher durchaus statthaft aus Beobachtungen bei nahe senkrechtem Durchgang, aber auch nur aus solchen, einen Index abzuleiten, wie Hr. KUNDT es zuerst gethan hat. Auf dieses Verhalten gründet sich:

II. die mathematische Definition des Brechungsindex solcher Metalle als $\lim_{i=0} (\sin i/\sin i_m)$.

Der Ausdruck in Klammern unterscheidet sich aber für die von uns untersuchten Metalle selbst bei beträchtlichen Werthen von i nur wenig von seinem Grenzwerthe.

III. Von den durch diesen Brechungsindex charakterisirten idealen Substanzen weichen nun die Metalle bei zunehmender Neigung in dem Sinne ab, dass einem gegebenen i_m ein grösseres i, bez. einem gegebenen i ein kleineres i_m entspricht.

Die Werthe der übrigens geringen Abweichungen gibt unsere Tabelle empirisch (Z. 6); sie nehmen für die drei Metalle in der Reihenfolge Ni, Co, Fe ab.

14. Die Beobachtungsmethode. Für die Genauigkeit des unseren Messungen zu Grunde liegenden Beobachtungsverfahrens ist der Umstand sehr günstig, dass sich aus den starken Abweichungen in der beobachteten Ablenkung schliesslich nur geringe Änderungen in der endgültig auf dem Integrationswege erreichten Beziehung ergeben.

Für viele Zwecke mehr qualitativer Art dürfte es sich empfehlen, überhaupt nur bei grosser Neigung zu beobachten; und zwar ist der geeignetste Winkel etwa 60°; die Ablenkung beträgt dann etwa das dreifache derjenigen bei senkrechtem Durchgang. Die scheinbare Breite der Prismen dagegen ist nur halbirt ($\cos 60° = 0.500$), so dass noch keine allzu störende Beugung auftritt. Wie gesagt, lassen sich aber Brechungsindices in aller Strenge nur aus Messungen bei senkrechtem Durchgang berechnen; diese Beobachtungsmethode haben wir denn auch für unsere Messungen der Dispersion beibehalten.

15. Andere Metalle. Obige allgemeine Schlüsse gelten voraussichtlich nur für solche Metalle, welche, wie die untersuchten, einen relativ hohen Brechungsindex haben. Denn ein wesentliches Erforderniss für die Gültigkeit des oben ausgeführten scheint uns darin zu liegen, dass die Werthe von i_m kaum 30° überschreiten, ein

[1] Eine einfache Überlegung zeigt, dass dann dieses Gesetz innerhalb derselben Grenzen auch den Austritt in jedes andere durchsichtige Medium beherrschen muss.

Winkel, dessen Cosinus von der Einheit noch wenig abweicht.[1] Bei Fe und Co bleibt i_m sogar unter 20°; dementsprechend sind auch die Abweichungen vom Snellius'schen Gesetze bei Ni am grössten.

Wir haben nun auch theoretische Curven für Silber und Gold gezeichnet; zunächst unter der Annahme, dass für diese das Sinusgesetz durchweg gilt; und zwar unter Zugrundelegung der Brechungsindices, welche Hr. Kundt (A. S. 266) angibt: Ag (weiss) 0.27; Au (weiss) 0.58; Au (blau) 1.00. Zu letzterm Werth ist zu bemerken, dass ein solches Material überhaupt nie eine Ablenkung gibt, folglich immer $i_m = i$ bleibt.

Aus jenen theoretischen, das Verhalten von Silber und Gold darstellenden Curven (Fig. 3) folgt, dass bei $i > 15°66$ bez. $i > 35°45$ totale Reflexion eintreten müsste; grössere Austrittswinkel in Luft wären daher unmöglich. Die Ablenkungscurven der Fig. 2 sind für Prismen vom Winkel 25″ berechnet; sie sollten eigentlich unter der Abscissenaxe liegen, da die Ablenkungen alle negativ werden. Die Curven zeigen, dass auch bei diesen Metallen die numerischen Werthe von x mit i zunehmen müssten, um schliesslich bei den oben angegebenen kritischen Werthen der Abscisse genau den Werth des Prismenwinkels δ zu erreichen [vergl. Gl. (4) 10] und dort ihren Endpunkt zu finden.

16. Nun lehrt aber die oberflächlichste Betrachtung, dass man durch Silber- oder Goldschichten unter jeder Neigung hindurchsehen kann. Es folgt, dass die oben behufs Discussion gemachte Annahme des Snellius'schen Gesetzes in diesem Falle durchaus unzulässig ist, selbst als rohe Annäherung.

Eine weitere Verfolgung dieser Versuche erschien aus verschiedenen Gründen zunächst unthunlich. Es liess sich vorhersehen, dass die überaus günstigen Bedingungen, welche unserer Methode bei der Untersuchung von Fe, Co und Ni erwuchsen (14), hier in das gerade Gegentheil übergehen müssen. Würde es sich doch nunmehr darum handeln, aus schwachen Änderungen der ohnediess geringen Ablenkungen die grossen Abweichungen vom Sinusgesetz, welche ja zweifellos bestehen müssen, zu bestimmen. Ohne erhebliche Verfeinerung der Beobachtungen hätten dahin gerichtete Versuche wenig Aussicht auf Erfolg geboten.

Indessen lässt sich über den muthmasslichen Verlauf der beiden Silber- und Goldcurven (Fig. 3) einiges vorhersagen. Zunächst tangiren sie die gezeichneten Curven im Anfangspunkte, biegen sich aber

[1] Wie aus Fig. 3 ersichtlich wächst i_m nur unbedeutend, wenn i noch von 65° bis 90° zunimmt. Wir hätten daher auch kaum etwas Neues erfahren, wenn die Neigung über 65° hinaus untersucht worden wäre.

immer mehr der Abscissenaxe zu und schneiden unter keinen Umständen die der letzteren parallele Gerade, welche dem Werthe $i_m = 90°$ entspricht; denn diess würde die totale Reflexion bedeuten, welche eben offenbar nicht eintritt.

II. Die Dispersion.

17. Die Versuche mussten, wie bereits bemerkt, beim Minimum der Ablenkung ausgeführt werden. In der Spaltebene des Spectrometers wurde ein kleines lichtstarkes Spectrum einer Bogenlampe entworfen. Durch geringe Drehung des Collimatorrohrs konnte der Spalt auf beliebig vorgeschriebene Spectralgebiete eingestellt werden. Zu diesem Zwecke war der Spectrometerkreis durch Beobachtung der Spectrallinien von Li, Na und H so ausgewerthet worden, dass die den Wellenlängen von Li·α, D, F und G entsprechenden Einstellungen ein für allemal bekannt waren. Der Brechungsindex wurde nach Gleichung (5) berechnet.

Tabelle 3.

du Bois					Rubens				
β	Ablenkung α				β	Ablenkung α			
	Li α	D	F	G		Li α	D	F	G
					Prisma Co III				
22″4	48″2	40″0	29″8	25″1	23″8	51″4	48″8	33″4	20″0
21.8	46.2	41.7	36.4	29.0	24.7	52.0	45.5	37.7	28.4
19.5					21.6				
21.2	47.2	40.8	33.1	27.1	23.4	51.7	47.1	35.6	24.2
$n =$	3.23	2.92	2.56	2.27	$n =$	3.21	3.02	2.52	2.04
					Mittel $n =$	3.22	2.97	2.54	2.16
					Prisma Ni II				
22″2	17″6	15″7	16″8	10″1	23″3	19″7	21″3	17″6	16″4
22.7	22.0	18.9	15.7	11.4	21.8	23.3	14.2	16.0	9.1
22.3					23.4				
22.4	19.8	17.3	16.2	10.7	22.5	21.5	17.8	16.8	12.8
$n =$	1.89	1.77	1.72	1.48	$n =$	1.96	1.79	1.75	1.57
					Mittel $n =$	1.93	1.78	1.74	1.52

Wir geben hier zunächst wieder zwei vollständige Beobachtungsreihen; sie sind in Tabelle 3 eingetragen, welche keiner weiteren Erklärung bedarf. Wir untersuchten von jedem Metall drei Prismen, um durch Häufung von Beobachtungsmaterial die Resultate von der Individualität der Praeparate und sonstigen Fehlern möglichst frei zu machen.

Tabelle 4.

Nr.		Brechungsindex n				
Farbe Linie		roth Li·α	»roth« —	gelb D	blau F	violett G
$\lambda \times 10^6$ cm		67.1	64.4	58.9	48.6	43.1
Fe	β			Eisen		
I	17.″0	3.34	—	3.03	2.61	2.23
II	20.9	3.01	—	2.84	2.63	2.15
III	26.0	3.00	—	2.59	2.08	1.78
Mittel A		**3.12**	**3.06**	**2.72**	**2.43**	**2.05**
Mittel B		3.02	—	2.71	2.40	2.01
Co	β			Cobalt		
I	13.″5	3.02	—	2.42	2.23	2.01
II	14.5	3.42	—	2.88	2.41	2.14
III	22.3	3.22	—	2.97	2.54	2.16
Mittel A		**3.22**	**3.10**	**2.76**	**2.39**	**2.10**
Mittel B		3.22	—	2.86	2.41	2.11
Ni	β			Nickel		
I	16.″5	2.12	—	1.89	1.71	1.46
II	22.4	1.93	—	1.78	1.74	1.52
III	27.7	2.08	—	1.85	1.68	1.63
Mittel A		**2.04**	**1.93**	**1.84**	**1.71**	**1.54**
Mittel B		2.02	—	1.83	1.72	1.56

18. Die Resultate sind in Tabelle 4 niedergelegt; die fettgedruckten Werthe bedeuten die arithmetischen Mittel der für die drei Prismen erhaltenen Brechungsindices. Darunter haben wir noch Zahlen angeführt und als Mittel B bezeichnet, welche berechnet wurden indem wir den an verschiedenen Prismen beobachteten Werthen nach Maassgabe der Grösse des Prismenwinkels verschiedenes Gewicht beilegten. Da die Mittel B gegen die Mittel A im allgemeinen keine gesetzmässigen Unterschiede aufweisen, so folgt, dass die Resultate von dem Prismenwinkel wirklich unabhängig sind (vergl. A. S. 264). Die Mittel B sind weiter nicht benutzt, da den Beobachtungen an steileren Prismen aus verschiedenen Gründen kein grösseres Vertrauen gebührt als denjenigen an flacheren. Auch die Brechungsindices für »rothes« Licht sind hier nochmals angeführt, wie sie oben (Tab. 2) erhalten wurden; demselben entspricht ungefähr die Wellenlänge $\lambda = 64.4 \cdot 10^{-6}$ cm.[1]

19. Discussion. Ein Vergleich einiger unserer Zahlen mit den von Hrn. Kundt für Ni und Fe bei angenähert homogenem Lichte gefundenen (A. S. 266) ergibt Folgendes:

---
[1] du Bois, Wied. Ann. 31 S. 956, 1887.

1. für Ni eine Übereinstimmung, welche in Anbetracht des mehr orientirenden Charakters letzterer Werthe und der Unsicherheit in der dem »blauen« Lichte anzurechnenden Wellenlänge genügend heissen mag;

2. für Fe Abweichungen, welche am blauen Ende nicht sehr bedeutend sind, gegen roth aber zunehmen.

Ob diese Abweichungen dadurch erklärbar sind, dass die KUNDT-schen Prismen noch Eisenoxyd (geringerer Index, normale Dispersion A. S. 267) enthielten, oder etwa die benutzten Eisenbäder nicht chemisch rein waren, lässt sich nicht mehr entscheiden. In Anbetracht der seither von Hrn. KUNDT selbst eingeführten Verbesserungen der Methode glauben wir unsere Zahlen für angenähert richtig halten zu dürfen, möchten aber wegen der relativen Schwierigkeit der Beobachtungen keinen zu engen Spielraum für deren Genauigkeit beanspruchen.

In Fig. 4 sind unsere Brechungsindices als Function der Wellenlängen in Luft aufgetragen. Man ersieht daraus, dass der Gang der anomalen Dispersion bei allen drei Metallen analog ist.

Die Werthe für »rothes« Licht liegen, trotz dessen mangelhafter Homogenität, gut zwischen denen für D und Li·α.

Eine einfache Beziehung zwischen dieser Dispersion der Brechung, und derjenigen des KUNDT'schen bez. KERR'schen Phaenomens (vergl. §. 2) hat sich nicht ergeben.

III. Schluss.

20. Wir haben uns gleich zu Anfang gegen die Anlehnung an irgend eine der bestehenden elastischen oder elektrischen Lichttheorien verwahrt (6). In vorliegender Arbeit haben wir uns auf die Mittheilung von Thatsachen beschränkt, die sich in einwandfreier Weise aus unseren Versuchen folgern lassen. Nach unserm Dafürhalten ist der Bereich der Thatsachen in der Metalloptik noch zu wenig ausgedehnt, um dieselben mit Erfolg zum Prüfstein der Theorien machen zu können. Die geringfügige Erweiterung, welche wir jenem Bereiche zu geben versucht haben, ändert an dieser Sachlage sehr wenig.

Der experimentellen Erforschung dieses Gebiets ist in neuester Zeit von Hrn. DRUDE ein werthvoller Beitrag geliefert worden, indem derselbe die beiden gewöhnlichen Reflexionsparameter mit bisher kaum angestrebter Sorgfalt für eine grosse Anzahl von Metallen bestimmte. Unter Heranziehung der von ihm mit vertretenen speciellen elastischen Theorie berechnet er sodann aus seinen Messungen Brechungsindices,

Extinctionscoefficienten und Reflexionsvermögen, welche er, abgesehen von älteren Autoren, auch mit neueren Angaben von KUNDT (A. S. 266), WERNICKE[1] und dem Einen von uns[2] vergleicht. Von seinen so erhaltenen Brechungsexponenten sind vier[3] mit den von uns bestimmten direct vergleichbar, und es ergibt sich auch mit diesen eine gewisse Übereinstimmung.

Auf unsere Anfrage hin hatte Hr. DRUDE die Güte auch Messungen an Cobalt, eventuell mit Berücksichtigung der Dispersion, in Aussicht zu stellen. Wir wollen daher diesen bereitwilligst zugesagten weiteren Bestimmungen hier nicht vorgreifen. Dieselben dürften Hrn. DRUDE zweifellos sicherere Anhaltspunkte für die Beurtheilung etwaiger Übereinstimmungen oder Discrepanzen bieten, als das bis jetzt vorliegende Material zu thun im Stande ist.

---

[1] WERNICKE, POGG. Ann. Erg. 8 S. 75, 1878.
[2] RUBENS, WIED. Ann. 37 S. 267, 1889.
[3] DRUDE, WIED. Ann. 39 S. 81, 1890. Es handelt sich um die n' (roth) und n (Natriumlicht) für Nickel und Stahl in der Tabelle auf S. 537.

Beobachtungen an elektrisch polarisirten Platinspiegeln.

Von Dr. Leo Arons,
Assistent am physikalischen Institut der Universität Berlin.

(Vorgelegt von Hrn. Kundt.)

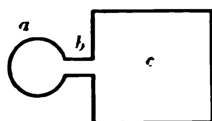
Beobachtungen an polarisirten Platinspiegeln.

1. Im Jahre 1874 beobachtete Edison,[1] dass die Reibung zwischen einem Metallstück und einem gegen dasselbe gedrückten Papierstreifen, der mit einer leitenden Flüssigkeit, z. B. Sodalösung getränkt war, sich verminderte, wenn man vom Papier zum Metall einen elektrischen Strom fliessen liess. Werner Siemens schrieb diese Thatsache elektrolytisch ausgeschiedenem Gas zu. Wesentlich ist es zu bemerken, dass die Siemens'schen Versuche mit einer Kette von zwei Daniellelementen angestellt wurden; ein einzelnes Element gab die Wirkung nicht. Seitdem haben sich eine Reihe von Forschern mit diesem Problem beschäftigt. K. R. Koch[2] gelangt zu dem Ergebniss, »dass die Sauerstoffpolarisation am Platin und Palladium die Reibung dieser Metalle gegen eine mit Wasser oder verdünnter Schwefelsäure bedeckte Glasfläche vergrössert«; bei Wasserstoffpolarisation erhielt er im Gegensatz zu Edison und Siemens keine Wirkung. Er arbeitete aber, was zu beachten, nur mit Kräften, die zur Wasserzersetzung nicht ausreichten; in den Stromkreis war ein Galvanometer eingeschaltet, welches keinen Ausschlag geben durfte. Weitere Beobachtungen rühren von Krouchkoll[3] und von Waitz[4] her. Die Versuchsbedingungen wurden von beiden Forschern in der mannigfachsten Weise abgeändert; das Ergebniss ist im Wesentlichen, dass eine H-Polarisation die Reibung vermindert, eine O-Polarisation dieselbe vermehrt. Beide Beobachter

[1] vergl. Waitz, Wied. Ann. 20 S. 285 ff. 1883.
[2] Koch, Wied. Ann. 8 S. 92. 1879.
[3] Krouchkoll, Compt. Rend. 95, Jul. 1882. Ann. de Chim. et de Phys. (VI), t. XVII p. 250. Journ. de Phys. (II), t. IX p. 89 1890.
[4] Waitz, l. c.

arbeiteten mit Kräften, die unterhalb der zu Wasserzersetzung nöthigen blieben; Waitz macht die Bemerkung »überhaupt wird wohl nur die Unempfindlichkeit der angewandten Methode der Beobachtung des Phaenomens bei kleinen Polarisationen eine Schranke setzen«.

2. Um wenn möglich einen directen Einblick in die Vorgänge an der polarisirten Elektrode zu gewinnen, versuchte ich die Methode der Newton'schen Ringe in Anwendung zu bringen. Hierbei leisteten mir die von Hrn. Prof. Kundt hergestellten Platinspiegel vortreffliche Dienste. Auf einem rechteckigen Stück eines solchen wurde mit dem Schreibdiamant eine Figur ungefähr von beistehender Gestalt und Grösse eingerissen.



Auf den Kreis *a* wurde eine starkrandige, unten gut abgeschliffene Glasröhre aufgesetzt. Dieselbe war vorher an ihrem unteren Ende auf der äusseren Mantelfläche mit etwas Siegellack überzogen. Wurde die Platte mit der Röhre auf einem Metallblech erwärmt, so floss der Siegellack zum Theil herab und über die Contouren von *a* hinaus. Auf diese Weise war die Röhre, welche mit Quecksilber gefüllt als Stromzuleitung diente, mit der Platte durch eine Schicht fest verbunden, die ein capillares Vordringen von Flüssigkeit zum Quecksilber verhinderte.

Der auf *b* übergeflossene Theil des Siegellacks wurde durch einen möglichst scharfen Schnitt gegen *c* hin entfernt. Eine ebene, am Rande ebenfalls gut abgeschliffene Glasplatte, welche *c* bedeutend überragte, wurde nun auf dasselbe gelegt und möglichst fest gegen die Siegellackgrenze auf *b* gedrückt. Die ganze Vorrichtung stand schon während der letzten Manipulation in einer Glasschale, welche gut leitende Schwefelsäure enthielt (1 H_2SO_4 auf 3 Aq.). Im Lichte einer Natriumflamme konnte man scharfe Interferenzstreifen beobachten, auf welche ein kleines Fernrohr mit Fadenkreuz eingestellt war. Der eine Pol eines Meidingerelementes wurde nun unter Einschaltung von Stromschüssel und Wippe mit dem Quecksilber über *a* verbunden, während als zweite Elektrode ein mit Platinrohr bedecktes Platinblech diente. Wurde der Stromkreis geschlossen, während *c* beispielsweise Kathode war, so trat fast unmittelbar ein Wandern der Interferenzstreifen in einer bestimmten Richtung auf; man konnte binnen kürzester Zeit zehn Streifen und mehr vorüberwandern lassen. Wurde nun die Wippe umgelegt, so trat ein sofortiges Umkehren der Streifen in noch schnellerem Tempo ein, bis ungefähr die alte Lage erreicht war. Dann blieb eine kurze Zeit alles ruhig, bis die Wanderung wieder im ersten Sinn aufgenommen wurde. Dieses Spiel konnte beliebig oft wiederholt werden. Wir sehen hier, dass die H- und O-

Polarisation völlig gleich wirken. Die H-Polarisation treibt die Streifen in einer bestimmten Richtung vorwärts; lassen wir O-Polarisation eintreten, so vernichtet dieselbe zunächst die bestehende H-Polarisation und führt so die Streifen in die alte Lage zurück; sobald sich aber die O-Polarisation frei weiter entwickelt, führt sie die Streifen in derselben Richtung wie zuerst die H-Polarisation; und eine von neuem hervorgebrachte H-Polarisation bringt jetzt durch Vernichtung der O-Polarisation die Streifen in ihre ursprüngliche Lage zurück. Bedienen wir uns statt der aufgelegten Glasplatte einer Linse mit grossem Krümmungshalbmesser, so lehrt uns die Erscheinung noch den Sinn der Bewegung kennen. Von der Linse, deren ich mich bediente, waren zwei Segmente entfernt, sodass sie mit einer geraden Grenzfläche an den Siegellackstreifen auf *b* angedrückt werden konnte. Das ist nothwendig, da sich sonst der Polarisationsvorgang fast ganz und gar an dem nicht bedekten Theil von *b* abspielen würde. Bei den Versuchen mit der Linse ziehen sich die Interferenzringe bei eintretender Polarisation zusammen und verschwinden einer nach dem andern im Centrum; beim Wechsel der Stromrichtung treten sie in derselben Zahl wieder hervor, um sich nach kurzer Zeit wieder zusammenzuziehen. Die entstehende Polarisation vergrössert also die Zwischenschicht, hebt die Linse empor. Hierdurch erklärt sich in einfachster Weise die Abnahme der Reibung, welche die früheren Beobachter bei H-Polarisation fanden. In der That gab sich diese Verminderung auch bei meinen Versuchen zu erkennen, da bei allzulanger Polarisation im nämlichen Sinn das ganze Ringsystem sich verschob, bis die Linse schliesslich vom Platinspiegel fortglitt. Wenn die früheren Beobachter bei der O-Polarisation theilweise eine Zunahme der Reibung fanden, so kann ich mir das nur so erklären, dass die O-Entwickelung nicht lange genug fortgesetzt wurde, um die vorhergehende H-Polarisation zu überwinden. Dieser Umstand ist bei den von ihnen angewendeten massiven Elektroden, die sehr viel Gas zu occludiren vermochten, nicht ganz unwahrscheinlich, während ich mich bei den ausserordentlich dünnen, völlig durchsichtigen Platinschichten in weit günstigeren Verhältnissen befand.

3. Schon bei den vorhergehenden Untersuchungen konnte man gleichzeitig mit dem Verschieben der Streifen die Abscheidung ausserordentlich kleiner Gasbläschen wahrnehmen; dieselben waren mit dem Mikroskop deutlich zu erkennen, möglicherweise freilich nur durch totale Reflexion an der über ihnen liegenden Glasfläche. Wurde die aufgelegte Glasplatte oder Linse entfernt, so konnte selbst mit dem Mikroskop ein Auftreten von Gasbläschen oder eine sonstige Veränderung an der Platinschicht nicht mehr wahrgenommen werden.

Da die Abscheidung von Gas bei der elektromotorischen Kraft von einem Meidingerelement auffällig war, versuchte ich dieselbe noch auf besser sichtbare Weise eintreten zu lassen. Zu dem Zweck wurde die Linse mittels Schrauben möglichst fest auf die Platinschicht gepresst. Bei Schliessen des Stromes in einem oder dem andern Sinn verschoben sich die Interferenzstreifen nicht mehr, dagegen traten nach kurzer Zeit Gasbläschen hervor, die meist radial dem äusseren Umfang der Linse zuschossen. Die Erscheinung liess sich mit dem Anschiessen kleiner Krystalle vergleichen. Dabei blieben die Streifen zwischen den einzelnen Zügen der Bläschen scharf sichtbar. Wurde die Stromesrichtung gewechselt, so verschwanden mit einem Schlage die Bläschen; nach einer kurzen Pause traten sodann die der neuen Polarisation entsprechenden auf. Auch hier konnte das Spiel beliebig oft wiederholt werden, nur schienen die Pausen, wie auch bei den oben beschriebenen Versuchen mit der Zeit etwas länger zu werden. Wenn die Leitung einige Zeit offen gestanden hatte, war der Vorgang wieder wie zuvor.

Ich versuchte nun mit der elektromotorischen Kraft herabzugehen. Dazu bediente ich mich der von von Helmholtz[1] eingeführten Methode. Es zeigte sich aber, dass man unter den gegebenen Verhältnissen mit geringeren Kräften als einem Meidinger die Erscheinung kaum hervorrufen kann; bei 0.8 Meidinger konnte ich keine Veränderung mehr wahrnehmen.

Es zeigt sich also, dass die angewandte Methode zum Nachweis der Erscheinungen an polarisirten Elektroden bisher noch unempfindlicher ist, als die Methoden der Reibungsmessung, bei welchen man bis unter 0.1 Volt herabgehen kann. Sie gibt uns aber Aufschluss über die Ursache der Erscheinungen. Denn da kein Grund vorhanden ist anzunehmen, dass die Ursache unterhalb der oben angeführten Grenze eine andere sei, als oberhalb derselben, so dürfen wir schliessen, dass die von von Helmholtz sogenannte Doppelschicht eine geringe Hebung der darüber lagernden Platte hervorruft. Dieselbe ist aber so gering, dass ohne ein Durchbrechen dieser Schicht durch freie Gasblasen eine Verschiebung der Interferenzerscheinung nicht eintritt. Ferner übertrifft die Methode alle bisher angewandten, wenn es sich darum handelt, die durch unterhalb der theoretischen Grenze gelegenen elektromotorischen Kräfte erzeugten Gasbläschen sichtbar zu machen.

4. Unbedingt nothwendig ist es, dass die zweite Elektrode eine wesentlich grössere Oberfläche besitzt als die zu beobachtende.[2] Als ich auf einer längeren Spiegelplatte eine zweite Elektrode, ein genaues

[1] von Helmholtz, Wied. Ann. 11, S. 737. 1880.

[2] Die gleiche Bemerkung macht Waitz a. a. O. S. 302.

Spiegelbild der ersten herstellte und beide durch einen etwa 5^{mm} breiten Streifen trennte, auf dem das Platin durch Flusssäure fortgeätzt wurde, erhielt ich die Erscheinungen nicht, wenn diese beiden Elektroden mit den Polen der Säule verbunden waren.

Dagegen gelangen die Versuche mit jeder einzelnen, wenn ihr als zweite die erwähnte platinirte Elektrode gegenübergestellt wurde. Es bieten sich verschiedene Erklärungen dieses Umstandes dar, welche ich jedoch wegen des hypothetischen Charakters derselben übergehe.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass ich mit den Wechselströmen eines Schlitteninductors, dessen primärer Kreis von einem Accumulator gespeist wurde, nicht die geringste Wirkung erhielt, selbst wenn der aus Eisendrähten bestehende Kern eingeschoben war. Dieses Ergebniss ist nach meinen Beobachtungen mit der constanten Kette selbstverständlich; nach den früheren Beobachtungen — Koch z. B. erhielt, wie erwähnt, mit H-Polarisation keine Wirkung — hätte sich auch bei Wechselströmen eine der oben beschriebenen ähnliche Erscheinung vermuthen lassen.

Zusatz. Erst während des Drucks vorstehender Zeilen bemerkte ich, dass schon Lippmann,[1] freilich von einem ganz andern Gesichtspunkt ausgehend, Newton'sche Streifen über einer polarisirten Platinelektrode herstellte. Bei der Anwendung von einem Daniell konnte er irgend welche Änderung derselben — vermuthlich in Folge der nicht genauer beschriebenen Versuchsanordnung — nicht wahrnehmen. Er beschreibt nur Erscheinungen, welche sich zeigten, wenn er die elektromotorische Kraft bis zur regelmässigen Gasentwickelung steigerte. Ich möchte gleich hier bemerken, dass es mir inzwischen gelungen ist, unter der auf die Elektrode festgeschraubten Linse die Entwickelung von Sauerstoffblasen bis herab zu 0.3 Volt zu verfolgen; Wasserstoff wurde schon bei wesentlich höheren Kräften nicht mehr sichtbar. Eine Beschreibung dieser Versuche behalte ich einer späteren Mittheilung vor.

[1] Lippmann, Journ. de Phys. X p. 202. 1881.

Ausgegeben am 31. Juli.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1890.

XXXIX.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

---

31. Juli. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Curtius.

Hr. Kiepert übergab die erste Lieferung seiner mit Unterstützung der Königlichen Akademie publicirten Specialkarte des westlichen Kleinasiens in 15 Blättern und erörterte unter Vorlegung fernerer 6 im Stich grösstentheils vollendeter und 4 in Entwurf oder Reinzeichnung vorliegender Blätter, mit welchen die Karte abgeschlossen sein wird, die seit Beginn der Arbeit ihm aus Smyrna neu zugekommenen, aus Constantinopel und Wien in Aussicht gestellten vervollständigenden Materialien.

Derselbe legte eine aus handschriftlichen Mittheilungen hervorgegangene Karte des griechischen Sprachgebietes bei Trapezunt vor und besprach die darauf begründeten kleinen Vervollständigungen antiker und mittelalterlicher historischer Topographie.

Beiträge zur Lösung der Frage vom Ursprung unseres Glaubens an die Realität der Aussenwelt und seinem Recht.

Von W. Dilthey.

(Vorgetragen am 1. Mai [s. oben S. 427].)

Dem Laien erscheint die Realität der Aussenwelt selbstverständlich; die Frage nach dem Ursprung und dem Rechte unseres Glaubens an diese Realität müssig. Doch wird die Frage nach dem Ursprung dieses Glaubens immer ein starkes Interesse erregen. Von ihr gehe ich hier aus. Zugleich möchte ich mich durch Behandlung derselben auch der Auflösung der zweiten Frage nach dem Rechtsgrunde dieses Glaubens annähern. Denn soll es für den Menschen eine allgemein gültige Wahrheit geben, so muss, nach der zuerst von Descartes angegebenen Methode, das Denken sich einen Weg von den Thatsachen des Bewusstseins entgegen der äusseren Wirklichkeit bahnen. Die objective Giltigkeit der inneren Erfahrung, die Realität der Aussenwelt, die Bestimmung des Erkenntnisswerthes unserer Empfindungen, unserer Raumanschauung und der Denkformen bilden die ersten und schwierigsten Stadien dieses Weges. Nur indem derselbe mit strenger Pünktlichkeit von den ersten Schritten ab durchmessen wird, können auch die Principien des individuellen und socialen Handelns die ihnen mögliche Sicherheit erlangen. An diesen haftet freilich schliesslich das wesenhafte Interesse der Philosophie, ja aller Wissenschaft, zumal in unseren Zeiten.

Der Satz der Phaenomenalität.

Der oberste Satz der Philosophie ist der Satz der Phaenomenalität: nach diesem steht alles, was für mich da ist, unter der allgemeinsten Bedingung, Thatsache meines Bewusstseins zu sein; auch jedes äussere Ding ist mir nur als eine Verbindung von Thatsachen oder Vorgängen des Bewusstseins gegeben; Gegenstand, Ding ist nur für ein Bewusstsein und in einem Bewusstsein da.

Die Aussenwelt erstreckt sich von meinem eigenen Leibe nach ihren drei Dimensionen in unermessliche Fernen. Dort schweben im unendlichen Raume zahllose ungeheure Kugeln. Viele derselben sind so unvorstellbar fern, dass ihr Licht, welches in einer Secunde 42000 Meilen durchläuft, Jahrtausende bedarf, um zu mir zu gelangen. Mehr als eine halbe Million dieser ungeheuren Körper muss ich im Ocean des Raumes, schwebend, rollend denken. Ich selbst scheine mich in diesem Universum zu verlieren, wie ein Infusorium in einem Wassertropfen des Meeres. Und nun sagt mir dennoch meine Selbstbesinnung: diese Kugeln im unermesslichen Raume, ja dieser Raum selbst, in dem sie schweben, existirt für mich nur, weil und sofern das alles Thatsache meines Bewusstseins ist. Jedes Object kann in Thatsachen des Bewusstseins, nämlich in Farbenempfindung, Empfindung von Widerstand, Dichtigkeit, Schwere, einheitliche Verbindung dieser Eindrücke u. s. w. aufgelöst werden. Auch nützt es nichts zu sagen, dass zwar Empfindungen und Bilder nur Bestandtheile meines Bewusstseins sind, dass aber diese meine Eindrücke und Vorstellungen sich doch auf einen Gegenstand ausser mir beziehen. Denn nur in dem Bewusstseinsacte ist ja das Gegenüberstellen, das Trennen von Selbst und Object da.

Die intellectualistische Ausdeutung dieses Satzes. Der Phaenomenalismus.

Dieser Satz geht in unmerklicher Weise durch Trugschlüsse in den Phaenomenalismus über. Nach diesem besteht die menschliche Erkenntniss in der Herstellung eines widerspruchslosen Zusammenhangs der Erscheinungen; mein Wissen vermag nirgend den Horizont der Phaenomene, d. h. des Zusammenhangs von Bestandtheilen meines Bewusstseins zu überschreiten. Dieser Standpunkt darf nicht durch eine Deutung im Sinne des Solipsismus entstellt werden. Vielmehr wird der Satz: das Erkennen vermag nicht über die Auffassung des Zusammenhangs der Erscheinungen hinauszugehen, geradezu aufgehoben von dem solipsistischen Satze: ein vom Bewusstsein Unabhängiges besteht nicht. Der Phaenomenalismus ist die bewusste kritische Einschränkung der Wissenschaft auf Erscheinungen, nämlich auf die im Bewusstsein auftretenden Empfindungen und Gemüthszustände, auf ihre Coexistenz, ihre Abfolge und ihre logischen Beziehungen. Raum, Zeit, Substanz, Causalität, Zweck, Ich und Aussenwelt werden in gleichförmige Beziehungen zwischen phaenomenalen, nach ihrem objectiven Werthe nicht bestimmbaren Beziehungspunkten aufgelöst.

Dieser Standpunkt entsteht unweigerlich aus dem Satze der Phaenomenalität, wenn die Voraussetzung zu ihm hinzutritt, dass die Bewusstseinsthatsache: Ding oder Gegenstand aus vorstellungsmässigen Bestandtheilen, sonach aus Empfindungen, Vorstellungen, Denkvorgängen zusammengesetzt sei. Man bezeichnete solche vorstellungsmässige Bestandtheile der Elemente der Wirklichkeit in der englischen Schule als Ideen.

Die intellectualistische Umdeutung des Satzes der Phaenomenalität entsprang aus den Antrieben der mathematischen Naturwissenschaft des 17. Jahrh. Diese suchte für das menschliche Erkennen einfache verstandesgemässe Elemente, welche entweder in der Empfindung oder im Intellecte eindeutig gegeben seien. So betrachtete sie auch die Objecte als zusammengesetzt aus den Empfindungen und den Formen ihrer Synthesis. Diese Richtung herrscht bis heute gleichmässig in den beiden Fractionen des Phaenomenalismus. Hume, Turgot, d'Alembert und Comte, die Begründer der positiven Philosophie, theilen sie mit Kant, Maimon, Beck und den neueren Vertretern der Transscendentalphilosophie. Die Positivisten streben die Erkenntniss überzuführen in ein System von Formeln, welche Verhältnisse des Enthaltenseins, der Gleichung und Abhängigkeit enthalten. Kant hat durch eine Art von Filtrirung aus Raum, Zeit und Causalität die formelhaften Begriffe der mathematischen Naturwissenschaft ausgelöst und alle anderen Bestandtheile dieser Bewusstseinsthatsachen als erdigen Rückstand zurückgelassen.

Die Consequenzen dieses Verfahrens waren unvermeidlich. Die Subjectivität der Empfindungen ist ein gesichertes Ergebniss der Wissenschaft; sie wurde gleicherweise durch Physik, Physiologie und philosophische Analyse dargethan. Nun ist uns das Verhältniss der Empfindungen zu etwaigen, sie hervorrufenden Ursachen gänzlich unbekannt. Ebenso wenig kennen wir das Verhältniss der in unserem Bewusstsein auftretenden Formen von Verknüpfung der Empfindungen in den Wahrnehmungen und Denkvorgängen zu etwas ausser uns. Sowohl die Empfindungen als diese Beziehungsformen sind innere Thatsachen. So scheint sich eine Wirklichkeit, die aus ihnen besteht, in lauter Erscheinungen auflösen zu müssen. Besonders energisch hat Kant's Schüler, Beck, von den Voraussetzungen der Transscendentalphilosophie aus die Annahme von Objecten aufgelöst. Nach diesen transscendentalphilosophischen Voraussetzungen entsteht ja jede Aussage von einem Dasein der Dinge erst innerhalb der Kategorien der Relation, und Realität oder Wirklichkeit sind nur begriffsmässige Formeln für Verstandesfunctionen.

Die herrschende naturwissenschaftliche Hypothese über den Ursprung des Glaubens an die Realität von Objecten.

In dem Zusammenhang dieser intellectualistischen Voraussetzungen sind nun mehrere Versuche aufgetreten, den Ursprung unseres Glaubens an eine Aussenwelt zu erklären. Unter ihnen ist besonders einer sowohl durch die Zahl, als das Gewicht seiner Vertreter von hervorragender Bedeutung.

Nach Johannes Müller[1] empfindet das Sinnesorgan zunächst nur sich selbst, seine immanente Energie und deren Zustände. So verdankt jedes thierische oder menschliche Geschöpf das Bewusstsein von Etwas ausser ihm erst dem Verlauf seiner Erfahrungen, der Verbindung der Empfindungen untereinander und derselben mit den Vorstellungen. Nach von Helmholtz (Physiologische Optik 453 ff.) kann dann die Natur dieser Erfahrungen als unbewusstes Schlussverfahren bestimmt werden. »Wir können niemals aus der Welt unserer Empfindungen zu der Vorstellung von einer Aussenwelt kommen, als durch einen Schluss von der wechselnden Empfindung auf äussere Objecte als die Ursache dieses Wechsels. Demgemäss müssen wir das Gesetz der Causalität als ein aller Erfahrung vorausgehendes Gesetz unseres Denkens anerkennen.« So ist für Helmholtz der Glaube an die Aussenwelt der zureichende Beweis für ein a priori in uns wirkendes Causalgesetz. Dieser Beweis ist wie der Kant's für den apriorischen Ursprung des Raumes nach der Regel gebildet: was die Bedingung der Erfahrung ist, kann nicht selber aus der Erfahrung abgeleitet werden.

Diese unter den Naturforschern einflussreiche, für den Fortschritt der Analyse unserer Wahrnehmungen höchst wirksame Ansicht darf zunächst nicht mit derjenigen confundirt werden, welche Schopenhauer geltend machte. (Vierfache Wurzel, 2. Aufl. §. 21, S. 50 f. Über das Sehen und die Farben sowie im Anfang der Schrift »Welt als Wille«; Bd. 2, S. 43.) Die Ansicht Schopenhauer's ist wie so manche andere dieses grossen Schriftstellers eine Fortbildung von Sätzen seines Lehrers Fichte (Fichte »Bestimmung des Menschen«, Kehrbach 48, 49 vgl. zweite Einl. G. W. I 482), dessen er dann freilich dabei nicht gedenkt, ja dessen Namen er selten ohne Scheltworte ausspricht. Schon der Begründer der modernen Methode der Philosophie, Descartes, hatte, da er nur die Thatsachen des Bewusstseins als gegeben anerkannte und das Problem so vor ihm lag, von diesen zu dem Bewusstseinstranscendenten zu gelangen, in der zweiten Meditation erklärt, dass nicht die Sinne uns

---

[1] Vergl. Condillac, traité des sensations 1755 I, 1. Der Geruchseindruck seiner Statue ist zunächst nur eine Modification der Empfindung selber.

die Objecte erweisen, sondern unser Verstand auf Grund der Sinnesempfindungen ihr Dasein annimmt. Hume hat dann eine genaue Theorie entworfen, wie wir von unseren im Bewusstsein auftretenden Eindrücken, und zwar von der Wiederholung ähnlicher Eindrücke, vermittels der Denkvorgänge, welche auf der Association und Gewöhnung beruhen, zurückgehen auf die Existenz von Dingen, als auf den Grund hiervon. Aber die Formel des unbewussten Schlusses finde ich zuerst bei Fichte. Nach Fichte sind Empfindungen zunächst blosse Affectionen meiner selbst, sonach meine Zustände. Indem ich diese Empfindungen als Wirkungen ansehe, gehe ich im Denken über sie hinaus zu einer hinzugedachten Ursache, die nicht in mir selber gelegen sein kann. Bei Schopenhauer sind dann Empfindung, Verstand, Anschauung abstracte Wesenheiten. Die Empfindung wird vermittels des Verstandes durch die ihm eingeborene Function von vornherein in Anschauung eines Äusseren umgesetzt. Daher das Neugeborene bei der gleichsam ungeschickten Anwendung dieser Function auf die Data der Sinne in eine Art von Stupor verfällt. Bei von Helmholtz dagegen liegt wie bei seinem Lehrer Johannes Müller der Accent auf den Erfahrungen, auf den Verbindungen der Empfindungen mit den erworbenen Vorstellungen. Unter unbewussten Schlüssen versteht er einen Inbegriff von Processen, welcher nachträglich in die Form des Schlusses gebracht werden kann und darum diesem aequivalent ist. Und er erweist das Wirken solcher den Schlüssen aequivalenter Processe in der Entstehung unserer Wahrnehmungen an einer grossen Zahl von Thatsachen, welche von ihnen aus eine angemessene Erklärung erhalten. So hat er sich auch um die Auflösung der grossen philosophischen Frage von der Entstehung unseres Bewusstseins der Aussenwelt und der äusseren Objecte ein unsterbliches Verdienst erworben, indem er die in diesem Vorgang mitwirkenden Denkprocesse inductiv und experimentell nachwies und so die Lehre vom unmittelbaren Gegebensein eines Aussen definitiv beseitigte.

Doch scheinen mir auch in der Ansicht von Helmholtz die intellectualistischen Voraussetzungen fortzuwirken. In allen seinen Schriften nimmt er an, dass das Causalgesetz als a priori gegebenes, transscendentales Gesetz (Thatsachen in der Wahrnehmung, S. 247) die Bedingung ineinandergreifender Schlüsse sei, vermittels deren wir von unserem Selbst ein anderes Unabhängiges trennen. In der Optik (S. 453) bestimmt er die Natur dieses Gesetzes dahin, dass wir vermöge desselben von der Wirkung auf die Ursache schliessen. Und wenn später Helmholtz die Conception der Ursache in die Beziehung von Gleichförmigkeit, von Abhängigkeit aufzulösen scheint (Thats. in d. Wahrn., Vortr. II 243 ff.), so hat er doch ausser den

Vorstellen. Wir wissen von dieser Aussenwelt nicht kraft eines Schlusses von Wirkungen auf Ursachen oder eines diesem Schluss entsprechenden Vorganges, vielmehr sind diese Vorstellungen von Wirkung und Ursache selber nur Abstractionen aus dem Leben unseres Willens.«[1] Neuerdings hat Riehl in seiner Schrift über den philosophischen Kriticismus die Frage nach der Realität der Aussenwelt im Gegensatz gegen die idealistischen Theorien in derselben Richtung geistvoll behandelt.[2] Inzwischen bezeichnet auch Riehl als sein Ziel, der idealistischen Hypothese gegenüber die realistische zu begründen.[3]

Impuls und Widerstand.

Das Schema meiner Erfahrungen, in welchen mein Selbst von sich das Object unterscheidet, liegt in der Beziehung zwischen dem Bewusstsein der willkürlichen Bewegung und dem des Widerstandes, auf welchen diese trifft. Ich füge ausdrücklich hinzu, dass ich hier zunächst nur Einen der Factoren, welche zugleich das Bewusstsein des Ich und der realen Objecte hervorbringen, in's Auge fasse. Und ich will natürlich den einzelnen Impuls zu einer Bewegung sogleich in seinem Zusammenhang mit den Trieben und den von ihnen untrennbaren Gefühlen aufgefasst wissen. Denn der Mensch ist zunächst ein System von Trieben, diese drängen vom Bedürfniss nach der Befriedigung, und in diesem Zusammenhang treten die Impulse zu Bewegungen auf. Nur von diesem System der Triebe und Gefühle aus ist dann auch die zusammengesetzte Natur der Widerstandserfahrung auflösbar.

Die grundlegende Bedeutung dieser Erfahrungen von Impuls und Widerstand ist schon dadurch bedingt, dass dieselben zuerst von allen vor der Geburt durch den Embryo gemacht werden und bereits in diesem ein unvollkommenes Bewusstsein des Eigenlebens und eines äusseren Etwas zur Folge haben. »Der Mensch«, sagt Kussmaul, »kommt mit einer wenn auch dunkelen Vorstellung eines äusseren Etwas, mit einer gewissen Raumanschauung, mit dem Vermögen, gewisse Tastempfindungen zu localisiren und einer gewissen Herrschaft über seine Bewegungen zur Welt«. (Kussmaul: Unters. über d. Seelenleben des neugeb. Menschen S. 36). Kussmaul ist in Bezug auf diesen Satz in Übereinstimmung mit Volkmann (neue Beiträge zur Physiologie des Gefühlssinnes 1836, Cap. 3, S. 17 ff.) und Johannes

[1] Einleitung in d. Geistesw. Vorw. XVIII. Einige nähere Ausführungen aus m. Vorles. enthält Raffel, Voraussetzungen, welche den Empirismus Locke's u. s. w. zum Idealismus führten 1887. S. 13 ff.. womit vergl. Michalsky, Kant's Kritik der reinen Vernunft u. Herder's Metakritik 1883 und die Fortsetzung in Zeitschr. für Philos. u. philos. Kritik Band 84 u. 85. 1884.

[2] Der philosophishe Kriticismus II. 2. S. 128—176. 1887. II. 1. S. 18 f.

[3] Riehl a. a. O. II, 1. S. 18 f.

Müller (Physiologie, Bd. 2, 1837, S. 269). Er hat nun denselben durch interessante Versuche an Neugeborenen bewiesen. Unter diesen ist folgender besonders bemerkenswerth. »Ein vollkommen ausgetragenes schönes, lebhaftes Mädchen war um 7 Uhr morgens zur Welt gekommen, hatte bald und wiederholt Hunger gezeigt, wurde aber bis $^1/_2$12 Uhr mittags nüchtern gehalten. Ich streichelte mit dem Zeigefinger sachte seine linke Wange, ohne die Lippen zu berühren. Rasch wendete es den Kopf auf diese Seite, fasste meinen Finger und begann zu saugen. Ich nahm den Finger heraus und streichelte die rechte Wange. Ebenso rasch wendete es sich jetzt auf diese Seite und fasste den Finger nochmals. Von neuem nahm ich den Finger heraus und streichelte die linke Wange«. So wurde mehrmals noch mit demselben Erfolg zwischen der linken und rechten Wange gewechselt.

Diese Unterscheidung eines äusseren Etwas von dem Eigenleben, welche das Neugeborene mitbringt, sowie die damit verbundene unvollkommene Herrschaft über die eigenen Glieder und unvollkommene Localisation ist an neugeborenen Thieren noch auffallender. Ich sah ein eben geborenes Kalb vor nahen grösseren Objecten erschrecken, dieselben aber dann durch ungeschickte Bewegung vermeiden; es bewegte sich noch ungern und ruckweise. Und ein anderes Kalb von 3/4 Tag bewegte sich im Stall zwischen Säulen und Pfosten mit vollständiger Sicherheit und wich, wenn auch noch ungeschickt, dem Schlage aus. Spalding's Versuch ist öfters wiederholt und variirt worden. Er verband einem neugeborenen Ferkel die Augen; als ihm am zweiten Tage die Binde abgenommen wurde, war es nach zehn Minuten kaum von einem anderen Jungen zu unterscheiden, das sich ohne Unterbrechung des Augengebrauchs erfreute. Auf einen Stuhl gesetzt, zauderte es, kniete dann nieder und sprang herab (bei Preyer, Seele des Kindes, S. 49). Versuche mit Hühnern, denen Tagelang die Augen geschlossen gehalten wurden, zeigen, wie, nachdem die Bedeckung abgenommen ist, sogleich ein ganz sicheres Verhältniss zur Aussenwelt vorhanden ist.

Einen erheblichen Theil dieser Thatsachen erklären die Erfahrungen im embryonalen Leben. Der Embryo des Säugethiers oder Menschen berührt häufig bei seinen Bewegungen die Wände der Gebärmutter und seine eigenen Theile berühren einander. Auch ist in ihm die Verbindung von Durst, Aufsaugen einer äusseren Flüssigkeit und Durststillung bereits durch die Erfahrung vollzogen. Schon Harvey sah das Küchlein im Ei sich sanft in der umgebenden Flüssigkeit bewegen, den Schnabel öffnen und wieder verschliessen. Und aus der Untersuchung des Magen- und Darminhalts der Früchte lässt sich wahrnehmen, dass sie schon im Mutterleibe amniotische Flüssigkeit ver-

schlucken. So geben willkürliche Bewegung, Tastwahrnehmung, Hunger und Durst, Befriedigung derselben durch Aufsaugung äusserer Flüssigkeit dem Embryo schon einen Kreis von Erfahrungen, während Gehör, Geruch und Gesicht erst nach der Geburt Eindrücke wahrnehmen.

Bevor das Junge geboren wird, besitzt es hiernach im Grundschema ein dunkles, vielleicht mehr traumartiges Bewusstsein der Trennung seines Eigenlebens von einem es rings bedingenden äusseren Etwas.

Wir fragen nun zunächst, worin dies Bewusstsein von willkürlicher Bewegung und von Widerstand bestehe, in welchem, zusammen mit dem Bewusstsein von Trieb und Erfüllung, die Trennung von Eigenleben und Anderem, von Selbst und Object gleichsam eingewickelt vorhanden ist.

Die Wahrnehmung einer activen willkürlichen Bewegung ist auch bei Ausschluss der Mitwirkung von Gesichtsempfindungen ein zusammengesetzter Vorgang. Sollten sich die neueren Untersuchungen bestätigen, so würden zwar die Annahmen über die Innervationsempfindungen eine Änderung erfahren, aber um so mehr müsste die centrale Stellung des mit der Bewegungsvorstellung verbundenen Impulses, als eines rein psychischen Actes, hervortreten. Der in die innere Erfahrung fallende Vorgang ist nun folgender.

Wir können willkürlich die Impulse nach ihrer Intensität und ihrer Vertheilung, entsprechend der Vorstellung einer bezweckten Wirkung, bemessen. Der Grösse der hierbei aufgewandten Arbeit oder Kraft werden wir uns bewusst. Wir können nicht nur Erinnerungen willkürlicher Bewegungen, sondern auch solche von den zu ihnen gehörigen Impulsen, von der für sie aufgewandten Energie bewahren und zurückrufen. So bildet der bewusste Willensvorgang in verschiedenen Graden von Stärke eine Unterlage all unserer Erfahrungen über willkürliche active Bewegungen.

Die neueste Untersuchung über den Muskelsinn stellt sich dann das Zusammenwirken der Factoren zur Wahrnehmung willkürlicher Bewegungen folgendermaassen vor.[1]

Eine Bewegungsvorstellung taucht in uns auf und wirkt durch einen eigenthümlichen Vorgang, der den Willensprocess ausmacht, auf das motorische Feld. Es finden nun centrifugale Erregungen statt und führen die peripherischen Locomotionen herbei. Dieser Vorgang ist aber nicht von ihm entsprechenden Empfindungen (Innervationsempfindungen) begleitet. Wir wissen vielmehr von den so herbeigeführten Bewegungen nur vermittels der von der Peripherie

[1] Alfr. Goldscheider: Untersuchungen über den Muskelsinn im Archiv für Physiologie, herausg. von E. du Bois-Reymond Jahrg. 1889, physiol. Abth. S. 369 ff. und Supplementbd. S. 206 ff.

her uns zugehende Empfindungen, welche durch die Ausführung der Bewegungen hervorgerufen werden. Unter diesen beachtete und untersuchte man bekanntlich zunächst die Druckempfindungen der Haut, welche die Verschiebungen der Lage der Haut, sowie der subcutanen Theile begleiten, alsdann die Contractionsempfindungen in den Muskeln, welche man zumeist als durch in den Muskel eingehende sensible Nerven bedingt ansieht. Neben diesen beiden Empfindungsarten, welche als Factoren in die Wahrnehmung der willkürlichen Bewegung eingehen, hebt neuerdings besonders Goldscheider eine dritte hervor, welche nach seinen Untersuchungen für die Genauigkeit unserer Wahrnehmungen entscheidend ist. Das Gelenkinnere ist ein Sinnesapparat; sein Nervenreichthum bedingt seine Empfindlichkeit; diese ist nach den Gelenken verschieden, überall aber wird ihr die genauere Bestimmung der Bewegungswahrnehmung verdankt.

Wir vermeiden nun den Kreis dessen, was noch in der psychophysischen Discussion sich befindet. Der Satz, welcher uns interessirt, tritt als ganz sicher heraus. Den Kern meiner Wahrnehmung von willkürlicher Bewegung bildet das Bewusstsein von meinem Bewegungsimpuls, in dieses gehen Empfindungen von ganz verschiedener Herkunft ein und geben ihm seine abgemessene Bestimmtheit.

Dies Bewusstsein der willkürlichen Bewegung tritt nun aber zu der Erfahrung des Widerstandes in Beziehung; so entsteht zuerst eine, obwohl noch unvollkommene Unterscheidung von Eigenleben und dem Anderen, dem von ihm Unabhängigen.

Ich taste mit der Sonde. Hierbei habe ich das Bewusstsein meiner Impulse, zugleich verlege ich aber an die Spitze der Sonde eine Widerstandserfahrung, da mir die Sonde als ein fühlsames Tastorgan, als eine Art von Fortsetzung der tastenden Hand erscheint. Die Natur dieser Tasterfahrung wird von mir in der Regel nicht näher beachtet. Bediene ich mich doch derselben gewöhnlich nur, um die Anwesenheit eines Objectes vermittels einer willkürlichen Bewegung festzustellen. Ich richte nun meine Aufmerksamkeit auf diesen Eindruck: er ist sowohl von dem der Schwere, als dem des Druckes augenscheinlich unterschieden. Eine eigenthümliche Verwandtschaft zwischen der Erfahrung der willkürlichen Bewegung und der des Widerstandes in Bezug auf die Art und Weise des Bewusstseins oder Innewerdens lässt mich annehmen, dass den Kern dieses Eindrucks ebenfalls eine Willenserfahrung ausmacht.

In dem Eindruck des Widerstandes unterscheiden wir zunächst eine Druckempfindung. Dann sieht Goldscheider den wichtigsten Factor auch für diesen Eindruck des Widerstandes in dem Gelenkinneren, als einem mit Nerven ausgestatteten besonderen Sinnesapparat.

Wie die Verschiebung der Gelenkflächen nach ihm als Bewegungsempfindung percipirt wird, so bewirkt nach seiner Ansicht die Verstärkung des Gelenkdruckes die Empfindung des Widerstandes. Nun handelt es sich aber, dies angenommen, weiter darum, wie diese Empfindungszustände in den Gelenken die Setzung eines Objectes ausserhalb des Körpers zur Folge haben können. Die Annahme ist unbefriedigend, dass diese Objectivirung durch die Empfindungen, insbesondere durch die oben zuerst als Bestandtheile der Widerstandserfahrung herausgehobenen Druckempfindungen, welche an den Fingerspitzen localisirt sind, bewirkt werde. Dies würde nur eine todte örtliche Empfindung, nichts von der Erfahrung der lebendigen Kraft im Widerstande zur Folge haben. Mein Bewusstsein des Widerstandes hat in der lebendigen Erfahrung, bestimmt zu werden, einen Impuls zu erleiden, augenscheinlich denselben Kern von Willensvorgang, den wir am Bewusstsein des Impulses heraushoben. Die Erfahrung des Willensimpulses verbindet sich in der Widerstandsempfindung mit der einer Hemmung der Intention. Eine Volition ertheilt zunächst einen Bewegungsimpuls, dieser ist bei dem Ablauf der vorgestellten Bewegung von gering merklichen Lustgefühlen begleitet: hierauf tritt nun die Erfahrung des Widerstandes auf. Geht in ihr etwa der Impuls nun einfach unter? Verschwindet er in einen blossen Empfindungszustand? Vielmehr dauert er fort, und das Bewusstsein von Willenshemmung tritt nun hinzu. Ein Willens- und Gefühlszustand des Erleidens, des Bestimmtwerdens wird erfahren. Jeder kennt diesen Zustand aus Erfahrungen ganz anderer Art. Mitten in meiner Arbeit stört mich ein unwillkommenes Geräusch, eine fatale Vorstellung; ich vermag sie nicht zu verdrängen, ihr Druck lastet auf mir. Dieser Druck auf die psychische Action, dieser gepresste Zustand von Unlust und von Hemmung besteht nun auch hier: Erfahrung, bestimmt zu sein.

Ich erläutere und begründe nun näher diese Annahme, nach welcher den Kern der Widerstandserfahrung, sonach der Realität von Objecten, das Bewusstsein des Willensimpulses und der Intention, dann das der Hemmung der Intention, also zwei Willenszustände, ausmachen. Hierbei müssen wir wieder davon ausgehen, dass der Mensch, von innen angesehen, ursprünglich ein Bündel von Trieben ist, welche gleichsam nach allen Seiten, im Zusammenhang mit den Gefühlen von Unlust und Bedürfniss, die verschiedensten Strebungen und Volitionen ausstrahlen. In diesem Zusammenhang entspringen nun auch die Impulse zu Bewegungen, und eben in ihm wird denselben die nie nachlassende Kraft zu Theil, fortzudauern, sich zu verstärken. Das Bewusstsein der Hemmung der Intention in der Widerstandserfahrung entsteht nun nicht unmittelbar, wenn ein Druckempfindungs-Aggregat auf-

tritt. Wohl hat dies Bewusstsein der Hemmung zunächst zu seinem Antecedens unter allen Umständen eine Druckempfindung oder vielmehr ein Aggregat von solchen. Der primäre, darum constitutive Vorgang ist nämlich: ein Bewegungsimpuls mit einer bestimmten Intention dauert fort, ja er wird verstärkt, und anstatt der intendirten äusseren Bewegung treten Druckempfindungen auf. Dies Zwischenglied zwischen dem Bewusstsein des Impulses und dem der Hemmung der Intention, das in dem Aggregat der Druckempfindungen liegt, ist jedesmal da. Wir kommen also zum Bewusstsein der Aussenwelt nur durch Vermittlungen. Man kann sich die Begründung des Glaubens an die Aussenwelt nicht durch irgend eine Art von Übertreibung erleichtern, etwa durch die Annahme einer unmittelbaren Willenserfahrung des Widerstandes oder überhaupt durch die psychologische Fiction von unmittelbarem Gegebensein irgend einer Art. Wie die Intention eine Bewegungsvorstellung einschliesst, wie die willkürliche Bewegung ein mit der fortdauernden, verminderten oder verstärkten Intention verschmolzenes Aggregat von Empfindungen und Vorstellungen in sich fasst, so hat auch das Hemmungsbewusstsein, das in der Widerstandserfahrung auftritt, ein Druckempfindungs-Aggregat zur Vorbedingung. Nun tritt aber als zweites und weiteres Glied in dieser Verkettung von Processen, welche zum Bewusstsein des Widerstandes führen, ein Denkvorgang auf. Erst im Aneinanderhalten der Bewegungsvorstellung und des Druckempfindungsaggregats, und in dem so entstehenden Bewusstsein ihres Unterschiedes kann das Urtheil entstehen, dass das Eingetretene den Erwartungen, den Intentionen nicht entspreche. Unerwartet: dies Wort bedeutet hier nur das Auftreten eines Empfindungsaggregats, das im Widerspruch zu der Intention steht. Dagegen Hinderung, Widerstand, Hemmung: in diesen Ausdrücken ist zunächst schon in Bezug auf das Empfindungsmaterial und den Denkvorgang mehr enthalten. Denn in denselben liegt zunächst das Aufhören der mit dem Impuls verbundenen und einer glatt ablaufenden Bewegung angehörigen Empfindungen, während doch der Fortbestand der Bewegung in der Intention enthalten war; dann liegt in diesen Ausdrücken der Ersatz der beabsichtigten Bewegung durch das Empfindungsaggregat des Druckes, das nicht innerhalb der Intention lag. Sind alle diese Bedingungen erfüllt, laufen vom Impuls aus alle diese Beziehungen zwischen Empfindungen und deren Aggregaten in Denkvorgängen ab: dann entsteht nun in diesem System von Trieben, welches der Mensch ist, in welchem ringsum nach allen Seiten Strebungen ausgehen und Gefühle untrennbar mit ihnen verwoben sind, ein neuer Willenszustand, eine neue Erfahrung: die Erfahrung der Hemmung der Inten-

tion. Willensbestand und Gefühlsbestand sind in dieser Thatsache nicht trennbar. Sie ist als Thatbestand unmittelbar in der Erfahrung auftretend und durch alle Erfahrungen des Lebens immer neu bestätigt, ganz wie der Impuls. Sie ist der Kern der Widerstandsempfindung.

Wir erkennen also: in der Widerstandsempfindung ist ein von mir Unabhängiges nicht in einer unmittelbaren Willenserfahrung gegeben. Die Lehre von der unmittelbaren Gegebenheit der Realität der Aussenwelt erweist sich zunächst an diesem Punkte nicht als stichhaltig. Andrerseits ist aber auch — und das möchten wir eben feststellen — die Realität der Aussenwelt nicht aus den Datis des Bewusstseins erschlossen, d. h. durch blosse Denkvorgänge abgeleitet. Vielmehr wird durch die angegebenen Bewusstseinsvorgänge eine Willenserfahrung, die Hemmung der Intention vermittelt, welche nun im Widerstandsbewusstsein enthalten ist und die kernhafte lebendige Realität des von uns Unabhängigen erst aufschliesst.

Ein Ergebniss der Erfahrung kann darum hier mit dem Charakter von Unmittelbarkeit auftreten, ja in vielen Thieren kann die Existenz der Aussenwelt auch mit den Gesichtsbildern sich baldigst nach der Geburt verbinden, weil schon die Frucht im Ei oder im Mutterleib Erfahrungen von Impuls, Bewegung, Hemmung und Druck macht, wie wir gesehen haben.

Auch tragen noch Erfahrungen des Widerstandes, welche weiter zusammengesetzt sind, trotzdem den Charakter von Unmittelbarkeit im Bewusstsein. Wenn bei verstärkter Intention der Druck abnimmt, ja verschwindet, so mache ich die Erfahrung eines von meinem Willen Unabhängigen, das ich als zurückweichend nunmehr percipire. Nimmt bei geminderter oder gleich fortdauernder Intention der Druck zu, so drängt dies mir noch entschiedener die Erfahrung eines von meinem Willen Unabhängigen auf, das ich nun als andringend oder in der Intensität der Kraft wachsend percipire. Auch in diesen zusammengesetzteren Fällen dauert der Charakter des Unmittelbar-Erfahrenen in diesen Eindrücken fort.

So wird in dem Impuls und dem Widerstand, als in den zwei Seiten, die in jedem Tastvorgang zusammenwirken, die erste Erfahrung des Unterschiedes eines Selbst und eines Anderen gemacht. Der erste Keim von Ich und Welt, sowie von deren Unterscheidung, ist hier vorhanden. Dies aber in der lebendigen Erfahrung des Willens.

Der Druck der Aussenwelt.

Indem ein Kind die Hand gegen den Stuhl stemmt, ihn zu bewegen, misst sich seine Kraft am Widerstande: Eigenleben und Objecte werden zusammen erfahren. Nun aber sei das Kind eingesperrt, es rüttle um-

sonst an der Thür: dann wird sein ganzes aufgeregtes Willensleben den Druck einer übermächtigen Aussenwelt inne, welche sein Eigenleben hemmt, beschränkt und gleichsam zusammendrückt. Dem Streben, der Unlust zu entrinnen, all' seinen Trieben Befriedigung zu verschaffen, folgt Bewusstsein der Hemmung, Unlust, Unbefriedigung. Was das Kind erfährt, geht durch das ganze Leben des Erwachsenen hindurch. Der Widerstand wird zum Druck, ringsum scheinen uns Wände von Thatsächlichkeit zu umgeben, die wir nicht durchbrechen können. Die Eindrücke halten Stand, gleichviel ob wir sie ändern möchten; sie verschwinden, obwohl wir sie festzuhalten streben; gewissen Bewegungsantrieben, die von der Vorstellung, dem Unlusterregenden auszuweichen, geleitet werden, folgen unter bestimmten Umständen regelmässig Gemüthsbewegungen, die uns in dem Bezirk des Unlustvollen festhalten. Und so verdichtet sich um uns gleichsam immer mehr die Realität der Aussenwelt.

Die leibliche Umgrenzung des Eigenlebens und die Aussenwelt.

Der Willensimpuls und die Erfahrung des Widerstandes sind ausgestattet und gleichsam ausgekleidet mit qualitativen und räumlichen Bestimmungen von den Empfindungsaggregaten her. Wir mischen uns hier nicht in den Streit wie diese Verräumlichung entstehe, sondern wir nehmen die Thatsache hin, ohne sie zu erklären. Wir bedürfen aber, um von hier dann weiter zu gehen, der Hypothese einer Projection nicht. Denn die räumlich aufgefassten Sinnesinhalte treten ja im Bewusstsein zunächst gar nicht in einem räumlichen Verhältniss zu einem Sinnesorgan auf. Auge oder Ohr werden vom Kinde erst verhältnissmässig spät durch Tastwahrnehmungen, oder durch die Erfahrungen am Spiegelbild, oder durch die Vergleichung mit Auge oder Ohr anderer Personen als räumlich in der Wahrnehmung gegeben und zu den Gegenständen orientirt aufgefasst. Auch sind sie ja selber Bilder so gut als die von Objecten, und Beides, das Wahrnehmungsobject wie das Sinnesorgan, gehören dem Zusammenhang der im Bewusstsein enthaltenen Bilder an. So wird nun nicht von dem räumlich bestimmten Sinnesorgan aus der Gegenstand in den Wahrnehmungsraum projicirt, sondern umgekehrt wird von den Sinnesinhalten aus die räumliche Orientirung ausgebildet, welcher dann auch das Bild des Sinnesorgans eingeordnet wird. Sonach hat der Glaube an die Realität der Aussenwelt gar nichts mit einer solchen Projection der Empfindungen in einen äusseren Seh- oder Hörraum zu thun. Die Annahme einer solchen Projection ist überflüssig.

Innerhalb dieser räumlichen Wirklichkeit grenzt sich nun im Verlauf unserer Erfahrungen ein Selbst als Körper, als räumlich gestaltet und orientirt von den Objecten ab. Dies ist zunächst darin gegründet, dass innerhalb einer so räumlich abgegrenzten Sphaere unsere Bewegungsimpulse direct willkürliche Bewegungen zur Folge haben. Unser Körper ist also zunächst der Bezirk unserer beweglichen Glieder. Das Spiel unserer Triebe, in Verbindung mit Bewegungsvorstellungen, erfüllt gleichsam von einem inneren Mittelpunkte aus den in seinen Gliedern beweglichen Körper. Der Bezirk dieses Körpers grenzt sich von einer Umgebung ab, innerhalb deren Bewegungsimpulse nur indirect noch eine Bewegung hervorrufen, welcher äusseren Bewegung dann die innen begleitenden Empfindungen in Muskeln, Gelenken und an empfindlichen Flächen fehlen. Zugleich erfüllen dunkle, unbestimmt localisirte Organgefühle gleichsam einen Innenraum meines körperlichen Selbst. In pathologischen Zuständen treten sie intensiver, deutlicher bestimmt, genauer localisirt hervor. Vorhanden sind sie doch immer. Sie werden durch die Vorstellungen, die früher von den Organen und ihren Zuständen erworben wurden, unterstützt. Und indem gerade an den Muskeln der beweglichen Glieder und an den Sinnesorganen die sinnlichen Gefühle schärfer accentuirt auftreten, skizziren sie gleichsam in ihrer dunklen Symbolsprache ein inneres Gerüst, eine Grundverzeichnung unseres leiblichen Selbst. Im Menschen entsteht durch die Verbindung erinnerter sinnlicher Gefühle und des durch sie erworbenen Zusammenhanges der Vorstellungen über unsere fühlsamen Organe mit den gegenwärtigen inneren Zuständen derselben ein fest verzeichneter Umkreis, innerhalb dessen Eigenleben, Heimlichkeit des Spiels der Gefühle stattfindet; von seinen Grenzen ringsum erstrecken sich Veränderungen, die von keinen sinnlichen Gefühlen mehr begleitet sind, sondern nur etwa von den ganz verschiedenen Erregungen der Sympathie. Und an der Umgrenzung dieser von Trieben, willkürlichen Bewegungen und sinnlichen Gefühlen erfüllten Lebenssphaere treten nun, deutlich localisirt, rings auf der Haut Temperatur- und Druckempfindungen auf. Vor Allem geben die Tasteindrücke Erfahrungen von Wirklichkeit, die jenseit unserer Haut und sonach Aussen ist: von einem Anderen, das ganz ausserhalb des Bezirkes unseres leiblichen Eigenlebens gelegen ist.

So setzt sich also das an der Widerstandserfahrung nachgewiesene Verhältniss, nach welchem Impuls und Widerstand die Grundlage des Bewusstseins unseres Selbst und seiner Abgrenzung von anderen Objecten oder Personen ausmachen, in der Bildung der Anschauung von unserem körperlichen Selbst fort. Die Erfahrungen, welche bei der Bildung dieser Anschauung mitwirken, enthalten überall Impuls, Gefühl,

Intention, Hemmung, Widerstand in sich, und setzen sich aus diesen und den Empfindungsaggregaten in derselben Weise zusammen, als die primäre und einfachere Erfahrung des Widerstandes.

Diese Sätze über die Entstehung der Abgränzung unseres Körpers von der Aussenwelt können auch aus den Veränderungen abgeleitet werden, welchen die Abgränzung dieses körperlichen Selbst unterliegt. Viele Anomalien der Personalität, welche an Wahnsinnigen beobachtet worden sind, fallen unter diesen Gesichtspunkt. Aus anomalen Hautsensationen oder einem krankhaften Muskelspiel entsteht die Annahme, dass fremde Körper, Spinnen, Grillen u. s. w. sich im Innern des eigenen Körpers befinden oder dass einzelne Organe von einem bösen Geiste besessen sind.[1] Erkrankte Organe werden als fremde Wesen aufgefasst.[2] Unbewegliche Glieder gelten für fremde Körper, ja ein Gelähmter und der Hautempfindlichkeit Beraubter betrachtet den ganzen eigenen Körper als eine nachgemachte Maschine. Analog hiermit ist, dass Kinder, die schon Auge, Nase, Hände zu sich rechnen, mit ihren Zehen spielen, und sie dabei rücksichtslos wie fremde Gegenstände behandeln: erst die Schmerzen, die sie sich so verursachen, belehren sie darüber, dass diese Zehen zu ihnen gehören. So erstreckt sich auch unser unmittelbares Lebensgefühl in gewissem Grade über jede beständige Erweiterung unserer Person, welche an unseren willkürlichen Bewegungen Theil nimmt und uns Druck- und Widerstandsempfindung vermittelt. Freilich bemerken wir zugleich den Mangel an Gefühl in einem Stock sowie die Druckempfindungen der ihn fassenden Hand, und diese Wahrnehmungen modificiren die angegebene Erfahrung. Auch das Leben der Thiere lässt uns diese Veränderlichkeit gewahren, welcher die Abgränzung der Personalität unterworfen ist. Beobachtet man den brütenden weiblichen Vogel, so will es scheinen, als rechne er Nest, Eier, Junge zu sich selbst und empfinde, was diesen geschieht, als geschähe es ihm selber.

Gesichtswahrnehmung und Aussenwelt.

Die Gesichtswahrnehmung tritt nun hinzu. Alle Vorstellungen eines Aussen im Unterschied vom Selbst, die bisher erörtert wurden, können auch ohne Mitwirkung des Gesichts entstehen. Denn der Blindgeborene erwirbt vermittels des Tastsinnes, welcher gewöhnlich im Wettstreit der Sinne vermöge der Praeponderanz des Gesichtssinnes in seinen Leistungen zurückgedrängt bleibt, ebenfalls eine Orientirung in der Aussenwelt.

---

[1] Griesinger, psych. Krankheiten [4] S. 104.
[2] Maudhart, Repertorium III. 74 ff.

Wie im isolirt wirkenden Gesichtssinn die Bilder in Bezug auf ihre Realität und ihre Unterscheidung von dem leiblichen Selbst sich verhalten würden, ist ganz verschieden vorgestellt worden und schwer zu entscheiden. Denn wenn das Hühnchen oder das eben geborene Säugethier schon das Bewusstsein einer Aussenwelt mitbringen und sich vermittels des Gesichts in ihr sofort in grossem Umfang orientiren, so arbeiten sie eben schon mit dem Erwerb von willkürlichen Bewegungen und Tasteindrücken. Dasselbe Verhältniss findet bei den operirten Blindgeborenen statt. Aber beide Classen von Fällen gestatten doch einen Schluss. Auch in den Gesichtswahrnehmungen müssen Factoren wirken, welche ihre Objectivirung, wenn auch vermittels einer Unterordnung unter die Tastempfindungen, ermöglichen. Volkmann bemerkt: »Operirte mussten lernen, dass das, was sie sahen, die ihrem Getast wohlbekannten Gegenstände seien. Aber das brauchten sie nicht erst zu lernen, ihre afficirte Netzhaut vom afficirenden Ding künstlich zu sondern. Keiner von ihnen sah die Empfindung des Lichtes als einen inneren Zustand, ähnlich dem des Schmerzes oder Hungers an.«[1] Der Grund der Verlegung der Eindrücke nach Aussen in diesem Sinne liegt, entsprechend dem Vorgang in der Tastwahrnehmung, in der hier stattfindenden Beziehung der Augenbewegungen zu den Licht- und Farbenempfindungen. Wenn ich das Auge nach rechts bewege und der Gegenstand geht nicht mit, so gewinne ich in meiner denkenden Erfahrung das Bewusstsein seiner Unabhängigkeit von meinem Willen. Es muss nach diesen Erfahrungen ein Aussen dasein, und meine Augen müssen dienen, es zu sehen. Und auch hier entspringen die Intentionen zu Bewegungen aus dem System meiner Triebe und werden von demselben beständig erhalten. So werden diese Intentionen in den lebendigen Ablauf von Bedürfniss und Befriedigung verwoben.

Man könnte noch directer im Gesichtssinn etwas Triebartiges wirksam denken, das nach Erfüllung strebe. Auch Rokitansky nimmt einen »ursprünglichen Drang der Sinne nach Function« an. Erscheint auch diese Verallgemeinerung der Annahme als dem Beweis schwer zugänglich, so sprechen doch für die Gültigkeit derselben in Bezug auf den Gesichtssinn des Auges manche bekannte Erfahrungen. Kussmaul sah ein sieben Monate nach der Conception geborenes Kind am zweiten Lebenstage spät Abends in der Dämmerung den vom Fenster abgewendeten Kopf auch bei veränderter Lage wiederholt dem Fenster und dem Lichte zuwenden. Es suchte zweifelsohne das Licht. Er hebt hervor, wie man Neugeborene in den ersten Tagen die Augen

[1] Volkmann, Neue Beiträge, Cap. 3.

niemals länger als auf kurze Momente uns überfallen. Geschlossene kernhafte Realitäten, der unseren verwandt, in Theilnahme und Solidarität mit ihr verbunden, doch aber jede ein Sitz von Eigenwille, der uns beschränkt, bilden unseren socialen Horizont. Dass wir so Wille als Schranke des Eigenwillens anerkennen und als Selbstzweck respectiren müssen, das ist, gleichviel welche die Entstehung dieser moralischen Gefühle ist, nunmehr eine mächtige Thatsächlichkeit in Rücksicht auf Realität der Aussenwelt.

Auch die Realität der geschichtlichen Personen beruht für uns nicht ausschliesslich auf hermeneutischen und kritischen Schlüssen, welche etwa am Faden der Causalität von der Geschichtserzählung Ranke's, Häusser's und unzähliger Anderer über Luther zu den Drucken seiner Werke, Briefe und Tischreden, sowie den Schilderungen solcher, die ihn sahen, zurückgreifen, von da dann weiter rückwärts zu dem Luther selber, der Buchstabe an Buchstabe reihte, oder dessen Gesichtsbild von einem Zeitgenossen aufgefasst wurde. In unserem litterarischen Zeitalter tritt dieses Schlussverfahren in den Vordergrund. Aber für das Verständniss dessen was Geschichte sei, ist es wichtig, sich zugleich die beständige Ergänzung solcher Schlüsse durch lebendigere Vorgänge klar zu machen. Die Realität von Luther, Friedrich d. Gr. oder Goethe empfängt aus deren beständigem Wirken auf unser eigenes Selbst, also aus der Bestimmung dieses Selbst durch den fortwirkenden, in der Historie immer weitere Kreise ziehenden Willen dieser mächtigen Personen eine erhöhte Energie und Kernhaftigkeit. Sie sind für uns Realitäten, weil ihre grosse Personalität willensmächtig auf uns wirkt.

So ist uns das Aussen zunächst in der anderen Person gegeben. Nach unserer inneren Erfahrung ist uns Hemmung oder Förderung überall Kraftäusserung. Und wie wir unser Selbst als wirkendes Ganze erfahren, tritt zu allererst für uns aus dem Spiel der Kraftäusserungen verständlich die Willenseinheit der anderen Person hervor. Geburt und Tod lehren uns dann Wirkliches abgränzen in der Zeit. Herrschaft, Abhängigkeit, Gemeinschaft lehren, es in der Abgränzung das Nebeneinander auffassen.

Die Realität der äusseren Objecte.

Zugleich empfängt unser Glaube an die Aussenwelt eine erhebliche Verstärkung und eine besondere Farbe durch die Eigenschaften der äusseren Objecte. Die thatsächliche Unterlage der hierbei stattfindenden Denkvorgänge sind die dargestellten lebendigen Erfahrungen des Willens. Aber dieser Glaube empfängt dann doch Verstärkung und Bestimmung

erst durch die sehr verwickelten intellectuellen Processe, welche das Selbst, das Sinnesorgan, die äusseren Ursachen und die mitwahrnehmenden Personen in Causalverhältnisse zu einander setzen.

Diese Denkvorgänge hat Zeller in seiner Abhandlung über die Gründe unseres Glaubens an die Realität der Aussenwelt[1] meisterhaft auseinandergesetzt. Er theilt mit von Helmholtz die Grundansicht, dass uns die Realität der Aussenwelt in Denkvorgängen aufgehe, welche nach dem Causalgesetz die Coexistenz und Folge von Empfindungen ergänzt.[2] Aber diese Grundansicht kann leicht abgetrennt werden von dem Nachweis, wie aus den Eigenschaften der äusseren Objecte sowie des Zusammen derselben und aus der Verwebung von Personen in sie nunmehr dieser Glaube Energie, Zusammenhang mit unserem ganzen Denken und Handeln, ja eine von aller unmittelbaren Erfahrung unabhängige Bestätigung empfängt. Denn wäre uns nicht in den Erfahrungen des Willens der Glaube an die Aussenwelt gegeben, so bliebe er immer noch für das menschliche Raisonnement eine so überwiegend wahrscheinliche Hypothese, dass jede andere Möglichkeit der Erklärung des Zusammen unserer Empfindungen nur eine verschwindende Geltung besitzen könnte.

Das Denken stellt zunächst zwischen den Veränderungen im Sinnesorgan, dem unabhängigen äusseren Object, den Bewegungsantrieben und willkürlichen Bewegungen des eigenen Körpers einen Causalzusammenhang her. Dieser hat zu seiner ganz allgemeinen Voraussetzung die Realität der Aussenwelt. An diesem Causalzusammenhang weben alle Inductionen des täglichen Lebens und der Wissenschaft. Alle unsere Handlungen sind Experimenten zu vergleichen, die diesem inductiven Zusammenhang angehören. So ist schliesslich das ganze Leben, ja das Leben aller miteinander verketteten Generationen ein System von Inductionen, die unter der Voraussetzung der Existenz äusserer Objecte stehen und unter ihr eine widerspruchslose Erkenntniss des Causalzusammenhanges aller Erscheinungen erwirken. Da diese Voraussetzung durch keine andere ersetzt werden kann, so vollzieht sich hier ein immer neuer, in der Kraft der Verkettung seiner Glieder stets wachsender Erweis der Realität der Aussenwelt.

Ich hebe zunächst besonders heraus, welche Rolle auch innerhalb dieses Denkvorganges die Erfahrungen des Willens, der Aufmerksamkeit, des Bewegungsimpulses spielen. Dass wir Empfindungsaggregate nicht als Hallucinationen oder Träume auffassen, sondern

[1] Vortr. u. Abh. III. 225—285.
[2] Abh. 252 f.

auf äussere Objecte beziehen, ist zunächst durch ihre Unverdrängbarkeit, den Widerstand, welchen der Wille erfährt, bedingt. Die Möglichkeit, den Eindruck zu wiederholen, weist, verglichen mit der Inconstanz der Traumbilder, auf eine objective Ursache. Betrachteten wir die Empfindungsaggregate als eine erste Classe von Träumen, dann stünde räthselhaft neben der Regellosigkeit des echten Traumes eine folgerichtige, causalgegliederte Traumbilderfolge. In dieser müssten wir auch das, was uns ganz unerwartet, ja zunächst unverständlich von aussen entgegenzutreten scheint, wie die Erfindung des Telephon oder die Zeichen der chinesischen Sprache, in Wirklichkeit schon als Vorstellungsinbegriff besessen, nun wiedererinnert oder gar jetzt erst neu hervorgebracht haben. Ebenso würde alles, was unsere Absicht und unsere Erwartung, die eine Willensspannung ist, kreuzt, doch in Wirklichkeit von uns hervorgebracht sein. Wenn der Nachts Arbeitende die Spannung seiner Gedanken plötzlich durch Feuerlärm oder das Erlöschen seiner Lampe peinlich unterbrochen findet, wäre er es, der einerseits in dieser Spannung begriffen ist, und zugleich sie gewaltsam durchbricht. Bei der Vorstellung hiervon entsteht ein vollständiger Schwindel: dieser ist eben darin gegründet, dass in Einem Kopfe und im selben Momente zwei Willensintentionen, die miteinander streiten, zusammengedacht werden sollen. Dies ist uns ebenso unmöglich, als Setzung und Aufhebung desselben zusammen zu denken. Darum packt uns die Realität der Aussenwelt kräftiger, wenn unsere wohlabgemessenen Bewegungsimpulse nicht äussere Veränderungen hervorbringen, die unserer Absicht und Erwartung entsprechen, sondern etwas ganz anderes als das Gewollte auftritt. Die Explosion überzeugt den erschreckten Chemiker am besten von der unabhängigen Natur des Objectes. Zugleich erkennen wir, dass die auf uns wirkenden Kräfte endlich und veränderlich sind, indem wir sie durch den Willen beeinflussen. Wir tauchen die Feder ein, bringen Zeichen auf das Papier, und wenn nicht etwa die Tücke des Objectes wirksam ist, folgt das erwartete Gesichtsbild.

Die Objectivität der Aussenwelt verdichtet sich für unser Bewusstsein alsdann in dem Maasse, in welchem nunmehr die Eindrücke in einen ihnen eigenen Zusammenhang gebracht werden können. Zunächst werden, analog der Setzung anderer Personen, aus dem Sinnenchaos Objecte ausgeschieden, indem die durch ein Empfindungsaggregat regelmässig vermittelten Wirkungen auf uns einer in diesem Aggregat sitzenden willenartigen Kraft zugeschrieben werden, welche in diesen Eigenschaften wirksam ist. Nun treten uns in dem Wirken der Objecte Gleichförmigkeiten entgegen, welche uns ganz unerwartet sind und zu unseren Wünschen in gar keinem Verhältniss stehen.

Indem das unseren Willen Hemmende, das auf uns Lastende, wie das uns ungewollt und unerwartet Erfreuende nach solchen Gesetzen auftritt, die in der Sache, nicht in uns selber gelegen sind, empfängt dies nach seinen eigenen Gesetzen Wirkende den Charakter einer selbständigen Wirklichkeit, im Gesetz gewahren wir eine Macht über uns. Das Bewusstsein von einer selbständigen Realität wird noch durch folgenden Umstand gesteigert. Die perspectivische Verschiebung der Bilder bei dem Wechsel des eigenen Standortes, die Art wie andere Personen von ihrem Standort aus nach den von ihnen zu uns gelangenden Lauten diese Bilder auffassen, die entsprechenden qualitativen Veränderungen an den Gegenständen überraschen uns tagtäglich, und erst wenn wir sie den erkannten Gleichförmigkeiten unterzuordnen vermögen, enthüllt sich uns eine Gesetzlichkeit als die alle einzelnen Eindrücke beherrschende Macht, deren Walten uns sonach als etwas Fremd-Selbständiges gegenübertritt. Zugleich vermögen unsere Schlüsse dieses Walten über unser Leben hinaus, ja über das der Menschheit hinaus zu verfolgen. Bevor Menschen auf unserer Erde entstehen konnten, bevor Bilder eines Wirklichen in ihrem Bewusstsein aufglänzten, bestand nach den Schlüssen, die wir von diesem Wirklichen rückwärts machen können, ein Spiel von Kräften nach Gesetzen auf derselben Erdkugel, wie es uns heute umgiebt. Und so erheben wir uns durch die Macht unserer Schlüsse zu einer Construction des Verlaufs im Geschehen, welche den Gang im Erkennen umkehrt. Nur in einem Bewusstsein, in welchem Willensimpuls und Widerstand auftritt, ist uns ein Wirkliches, ist uns eine Materie und schliesslich dieser Erdball in einem Universum von Himmelskörpern gegeben. Das Ideal der Wissenschaft aber ist, aus den Bedingungen dieses durch Schlüsse abgeleiteten Universums (seinen etwa in Gott gelegenen Grund hinzugedacht) das Bewusstsein hervorgehen zu lassen.

Bestätigende Schlüsse aus den Modificationen des Bewusstseins der Realität.

Wir wenden nun ein anderes Hilfsmittel an, unser Problem vom Ursprung des Glaubens an die Realität der Objecte aufzulösen. Wir schliessen nach der Methode der einander begleitenden Veränderungen, sonach von den Modificationen im Bewusstsein von der Realität der Objecte auf deren veränderliche Factoren. Schlüsse nach dieser Methode werden an mehreren entscheidenden Stellen der Erkenntnisstheorie sich jetzt schon nützlich erweisen. Ich gebe hier diese Methode nur an und behalte mir weitere Ausführungen vor. Erst

von der besseren Aufhellung der Zustände, welche von der Norm des wachen Lebens abweichen, wird allmählich eine grössere Genauigkeit dieser Schlüsse erwartet werden dürfen.

Das Bewusstsein der Realität von Objecten ist sich nicht immer gleich, sondern enthält Grade und Modificationen. Von den Vorstellungen, welche, von den Wahrnehmungen scharf unterschieden, auf diese sich beziehen und sie repräsentiren, geht eine Reihenfolge von Graden und Modificationen zu den in den Sinnen erscheinenden Bildern, die von dem sicheren Bewusstsein ihrer Realität begleitet sind.

So besteht schon innerhalb des Traumes eine Gradation der Lebhaftigkeit des Wirklichkeitsbewusstseins. Sie liegt in der Erfahrung von Jedermann und kann die Traumbilder der Wirklichkeit annähern. Ich hielt längere Zeit ein Bild, das in meiner Erinnerung auftrat, für die Reproduction eines wirklichen Vorgangs, bis ich constatiren konnte, dass hier nur die Erinnerung an ein Traumbild vorlag. Krishaber theilt aus seinen Beobachtungen über eine bestimmte Classe von neuropathischen Zuständen, für welche tiefgreifendere Sinnesstörungen besonders charakteristisch sind, folgende Beschreibung mit, die ein wissenschaftlich gebildeter Kranker über einen Zustand machte, der längere Zeit hindurch andauerte. »Von diesem Allem war mir der Eindruck zu träumen am empfindlichsten; hundertmal berührte ich die Gegenstände, welche mich umgaben; ich sprach sehr laut, um mir die Realität der Aussenwelt, die Identität meiner eigenen Person zurückzurufen. Auch das Berühren der Objecte rectificirte meine Eindrücke nicht.«[1] Ein anderer Fall dieser Classe wurde von ihm an einem Officier beobachtet; derselbe verlor zugleich mit dem kräftigen Bewusstsein der Identität seiner Person die Realität der Aussenwelt und er hatte die Empfindung, als wäre er in einen tiefen Traum versenkt.[2] Krishaber hat eine grössere Zahl von Fällen derselben Art gesammelt. In keinem derselben trat eine Läugnung des Bewusstseins von Realität und sonach eine Verrückung auf, aber dieses Bewusstsein erfuhr eine Minderung, derjenigen ähnlich, welche wir vom Traume her kennen. Auch bei Geisteskranken treten erhebliche Unterschiede in Bezug auf Zuertheilung von Realität an ihre anomalen Sinnesbilder auf. Differenzen geringeren Grades reichen auch in unser reguläres Tagesleben hinein. Blickt ein Kind oder ein Naturmensch zum gestirnten Himmel hinauf, ohne Kenntniss von Gravitation und Spectralanalyse, dann haben diese allein im Gesichtsfeld auftretenden Gestirne eine Ferne von

[1] Krishaber: De la Névropathie cérébro-cardiaque, p. 8. 9.
[2] Ebendas. S. 15.

unsrer tastbaren und geniessbaren Wirklichkeit, welche den Grad ihrer Realität mindert. Dies erleichterte auch die Verschmelzung dieses Gesichtsbildes mit den Ideen von einer transscendenten Welt. Wenn der Glaube Druck, Schwere, Widerstand wegdenkt aus dieser transscendenten Welt, wenn in dieser seine Gestalten auf Wolken einherschreiten und sich erheben, wenn die Schwingen der Engel keine starken Muskeln bedürfen, diese ätherischen Leiber zu tragen: so ist die sinnliche Unterlage hiervon das Erscheinen einer uns ganz fremden Welt der Gestirne im blossen Gesichtssinn. Das Weitere that dann der Volksglaube und die aristotelisch-scholastische Lehre von einer doppelten Welt diesseit und jenseit des Mondes. Das Verhältniss, nach welchem erst das Zusammenwirken mehrerer Sinne und der von ihnen stammenden Vorstellungen den Objecten volle Realität verleiht, lässt sich auch in anderen einfachen Fällen beobachten. Selbst wenn wir vom Eisenbahnwagen aus die Bilder fremder Gegenstände auffassen, finden wir, dass diese wie Coulissen an uns vorüberziehen; hier werden die Gesichtseindrücke weniger von Erinnerungen an Tastempfindungen, Widerstand und sinnliches Geniessen unterstützt. Ferne Berge, Seen, die sich vorherrschend nur optisch geniessen lassen, bezeichnen wir als blosse Decoration.

Diese Modificationen des Bewusstseins der Realität werden nun durch das Zusammenwirken verschiedener Factoren hervorgebracht. Der Unterschied von Vorstellung und Wahrnehmung, die Gradation, in welcher Vorstellungen sich der Sinnfälligkeit der Wahrnehmung annähern, die Modificationen der Wahrnehmung in anomalen Zuständen des Sinnes bilden einen ersten Factor, der zweite liegt in den Veränderungen des Willens und der mit diesem verbundenen Gefühle, und der dritte ist in den Vorgängen des Denkens oder deren psychischen Aequivalenten zu suchen, durch welche beide Classen von Thatsachen, Empfindungen und Willenszustände, dem erworbenen Zusammenhang des Bewusstseins eingeordnet werden.

In der Hallucination ist zunächst in einer Reihe von Fällen mit dem Erscheinen der Bilder im Sinnesfelde das Bewusstsein, dass ihnen keine objective Gültigkeit zukommt, verbunden. Der berühmteste Fall dieser Art sind die Hallucinationen Nicolai's.[1] Hier lag eine Veränderung der Blutbewegung im Gehirn vor, wodurch dann das Erscheinen der Bilder im Gesichtsfelde bedingt war. Die Energie solcher Vorgänge ist eine verschiedene. Von den Fällen, in denen die Energie der entsprechenden Gehirnleistung zu jeder Zeit Phantasmen

[1] Von ihm beschriebene Berliner Monatsschrift 1797. Abgedruckt in seinen phil. Abhandlungen 1. 58 ff.

ermöglicht, wie dies GOETHE und JOH. MÜLLER von sich berichten, durch diejenigen hindurch, in welchen bei erregtem künstlerischen Schaffen dieselben auftreten, wie wir aus den Berichten von DICKENS, BALZAC u. a. wissen,[1] geht eine Scala zunehmender Energie der Bilder zu den von NICOLAI beschriebenen Fälle, in welchen die Gestalten bei offenem Auge zu jeder Zeit auftreten und sich selbständig, vom Willen unabhängig, bewegen. Bei der Genesung blassen diese Phantasmen gleichsam ab. Aber gerade in diesen Hallucinationen lebhaftester sinnfälligster Art, wie denen von NICOLAI u. a. hat zwar das Bild sonst vollständig den Charakter der von äusseren Reizen hervorgerufenen Wahrnehmung, aber die Überzeugung von der Realität der Gegenstände im Aussenraume ist nicht damit verbunden. Dies ist die Folge davon, dass kein Druck des Willens und keine krankhafte Depression oder Steigerung der Gefühle den erworbenen Zusammenhang der Vorstellungen überwinden, und so, dem Verstande zum Trotz, den Phantasiebildern eine volle ganze Consistenz, gleichsam einen Kern geben, und dass zugleich andererseits das Vermögen, diese Bilder durch Schlussprocesse oder Aequivalente derselben zu prüfen ungemindert erhalten ist. Auch nach psychiatrischen Erfahrungen ist mit dem Auftreten lebhafter Sinnesbilder im Gesichtsfelde keineswegs stets die Zutheilung von Realität an dieselben verknüpft. Ein Kranker wird durch Sinnestäuschungen belästigt, die besonders in der Nacht auftreten, andere Symptome lassen schliessen, dass diese Hallucinationen erste Äusserungen beginnender Gehirnerweichung sind, aber derselbe kann seine Bilder als 'Träume' oder 'Phantasien' vollständig von der Wirklichkeit unterscheiden. Also: das Erscheinen lebhafter, den Objecten sonst ganz gleicher Bilder im Gesichtsfelde ist nicht für sich mit dem Bewusstsein an Realität derselben verbunden; es reicht nicht aus, diesen Bildern den Charakter von Wirklichkeit zu verleihen.

Wie ganz anders ist es, wenn solche Hallucinationen da auftreten, wo ein anomaler Druck auf dem Willen und dem Gefühle lastet und die Regulirung der Bilder, sowie ihre Beurtheilung von dem erworbenen Zusammenhang des Seelenlebens aus in anomaler Weise gestört ist. Dieselben Momente, welche auch im regulären Bewusstsein den von äusseren Reizen erregten Bildern ihre volle Objectivität geben, ertheilen hier diese Objectivität den Hallucinationen.

Die Controle von Sinneseindrücken und Erinnerungen vermag die Überzeugung von der Realität der Phantasmen im Irren nicht zu be-

[1] Vergl. meine Rede über dichterische Einbildungskraft und Wahnsinn. 1886.

seitigen. Der Geisteskranke, der eine brennende Kerze in der Thür sieht, die ihm den Tod bedeutet, geht auf Geheiss des Arztes an die Thür, greift nach derselben und bemerkt ganz wohl, dass er weder die Kerze greift, noch das Licht ihn verbrennt. Dennoch hebt dies seinen Glauben nicht auf. Nicht als fehlte ihm das Schlussvermögen. Ich habe schon an anderer Stelle darauf hingewiesen, dass vielmehr dem Schlussvorgang das fein und sicher verkettete Material im erworbenen Zusammenhang des Seelenlebens verloren gegangen ist.[1] Zugleich aber ist es der lastende Gefühlsdruck, von welchem kein Willensact zu befreien vermag, was im Irren gleichsam den äusseren Gegenstand postulirt, den ihm die Hallucination nunmehr darbietet und was ihn alsdann so zähe an deren Realität festhalten lässt.

Solchen Zuständen, in denen die aus inneren Reizen stammenden Vorstellungen die volle Energie von Thatsachen erhalten, liegen diejenigen gegenüber, in denen das Selbstbewusstsein wie das Bewusstsein von der Realität der Objecte in ihrer Energie gleichmässig gemindert sind.

Ich gehe von Fällen aus, in welchen solche Minderung bei vollem Bewusstsein stattfindet und benutze wieder die von Krishaber an einer bestimmten Form von neuropathischen Zuständen gemachten Beobachtungen. Das Interesse der gegenwärtigen deutschen Nervenärzte ist so durchweg einer vollständigen Construction der physischen Seite des Vorgangs zugewandt, dass ich in unserer Litteratur keine entsprechenden Krankenberichte gefunden habe. In allen von Krishaber gesammelten Fällen überfiel plötzlich den Kranken Schwindel, Ohrensausen, Störungen im Sehsinn, dem Gehör und den Tastgefühlen. Ein besonders genauer Selbstbeobachter (Fall 38) sagt näher: 'diese Sehstörung mahnte mich an die Art, wie man Gegenstände durch sehr stark concave Gläser sieht oder auch an die Art, wie Gegenstände erscheinen, wenn man neben einem stark geheizten eisernen Ofen durch die warme Luftschicht blickt, welche zu zittern scheint. Meine Gesichtsstörung würde sich einer Mischung dieser beiden Impressionen nähern'. Die Gehörsstörungen waren noch entschiedener: er erkannte weder die Ausgangsstelle der Töne, noch die Stimme der Unterredner, und auch seine eigene Stimme schien ihm von weit her zu kommen. 'Meine Beine schienen ohne Intervention meines Willens sich zu bewegen.'[2] Ein anderer Kranker hebt hervor, dass er den Boden im Gehen nicht fühlt und seine Beine wie von einer seinem Willen fremden Kraft bewegt zu werden scheinen.[3] Und jedesmal geht

[1] Rede über Einbildungskraft und Wahnsinn S. 15 ff.
[2] Krishaber, a. a. O. S. 152.
[3] A. a. O. S. 16.

nun von diesem veränderten Zustande, insbesondere von den Sinnesstörungen zugleich eine Veränderung in dem Bewusstsein der Realität der Aussenwelt und eine correlate im Selbstbewusstsein aus.

Die erste beobachtete Person ein Schriftsteller. Nach einem heftigen Schrecken Doppelsehen, Ohrenklingen, Schwindel, Hyperästhesie der Haut, Störungen im Gesichtssinn, deren nähere Natur sich leider nicht angegeben findet; der Ton seiner eigenen Stimme bestürzte ihn. Er schien sich nun zu träumen und nicht mehr dieselbe Person zu sein; über den weiteren Verlauf der Krankheit hebt er hervor, wie oben schon wörtlich mitgetheilt ist, dass sowohl das Bewusstsein von der Identität seiner Person als das von der Realität der Aussenwelt ihm unsicher wurde.

Im anderen Fall ein englischer Officier; nach Überarbeitung und heftigem Kummer Herzbeklemmung, Nervenleiden solcher Art, dass er die Thränen kaum zurückzuhalten vermag. »Es schien dem Kranken, dass etwas ihn ganz einhülle und sich wie ein Widerstand zwischen ihn und die Aussenwelt stellen wolle, so ihm ein Gefühl tiefster Isolirung gebend.« »Wenn er sprach, erschien ihm seine Stimme fremd, er erkannte sie nicht wieder und hielt sie nicht für die seine; sprach man mit ihm, so fühlte er sich betäubt, als ob mehrere Personen zugleich sprächen, und es schien ihm unmöglich, seine Aufmerksamkeit dem zuzuwenden, was man sagte; an diese Eindrücke schloss sich ein anderer: er fasste Zweifel an seiner Existenz, es schien ihm als wäre er nicht er selbst und es machte ihm Mühe an die Identität seiner eigenen Person zu glauben, auf Augenblicke war er nicht einmal sicher ob er existire. Zur selben Zeit hatte er den Glauben an die Realität der Aussenwelt verloren, und fühlte sich in einen tiefen Traum versenkt.« »Seit den ersten Tagen der Krankheit empfand er den Boden unter seinen Füssen nicht, was seine Schritte unsicher machte und ihm die Furcht zu fallen einflösste; seine Beine waren wie durch eine seinem Willen ganz fremde Kraft bewegt; es kam ihm beständig vor, als ob sie ihm nicht angehörten.« Danach trat Schwindel hinzu, Unfähigkeit, Objecte zu erkennen und sich zu orientiren, Unvermögen, Gegenstände anhaltend zu fixiren, Gesichtsstörungen. Der Kranke hob öfter hervor, dass zwischen den Störungen des Gesichtssinns und dem Zweifel an seiner Existenz ein Zusammenhang bestand und beides mit einander zunahm. Er verwechselte häufig Thatsachen mit Erinnerungen an Traumbilder; er hatte die Neigung unpassende Worte auszusprechen und konnte unfreiwillige Bewegungen mühsam unterdrücken, er war ohne Wille und ohne Energie. Das Gefühl von Nichtexistenz war so stark, dass er Abscheu hatte sein Spiegelbild zu gewahren; »während mindestens 15 Monaten wagte ich nicht, mich in dem Spiegel zu betrachten.«

In einem dritten Fall ähnlicher Art schien es dem Kranken oft, als seien die ihn umgebenden Personen Figuren eines Traumes und er meinte nicht mehr er selbst zu sein. Dies war verbunden mit tiefster Niedergeschlagenheit, sowie damit, dass er beim Gehen den Boden nicht fühlte.

Aus anderen verwandten Fällen hebe ich noch folgenden hervor, von welchem der wissenschaftlich gebildete Selbstbeobachter eine genaue Aufzeichnung gemacht hatte und dem obige Angaben über die Sinnesstörungen entnommen sind (Fall 38). 'Ich schien mir in der ersten Zeit des Tages beständig zu träumen, und es machte mir grosse Mühe, meine Traumbilder von der wirklichen Welt zu unterscheiden. Ich verlor zuweilen beinahe den Begriff meiner eigenen Existenz, ich fühlte mich so vollständig verwandelt, dass ich mir eine andere Person geworden zu sein schien'.[1]

Diese Thatsachen erläutern, abgesehen von dem sehr grossen Interesse, welches die in denselben enthaltene Modification des Selbstbewusstseins sowie des Bewusstseins von Realität der Aussenwelt für den Psychologen haben muss, zugleich auch den Einfluss, welchen eine tiefer greifende Störung im Wahrnehmen nicht nur auf das Bewusstsein der Realität äusserer Objecte, sondern auch auf die Energie des Selbstbewusstseins haben kann. Denn zugleich mit der Minderung der objectiven Realität tritt auch die der Energie des Ichbewusstseins auf. Gleichviel wie man die einzelnen Einflüsse von der Herzerkrankung her abschätze und welche Veränderungen im Gemeingefühl sowie in den Impulsen zu Bewegungen mitwirken: ganz sicher ist doch durch diese Fälle die Wirkung bezeugt, welche die Wahrnehmungsstörungen auf die Minderung der Realität der Objecte und dann indirect wohl auch auf die Herabsetzung der Energie des Selbstbewusstseins haben. Diese zweite indirecte Wirkung würde ich folgendermaassen erklären. Wir leben alle gleichsam unter der Summe aller Erfahrungen vom Widerstand und Druck der nach Gesetzen wirkenden und verbundenen Objecte; wir ordnen diesen Erfahrungen jeden neuen Eindruck unter; in dieser Spannung zwischen Impuls und Widerstand besitzen wir die volle Realität unseres Selbst und der Objecte. Indem nun die Wahrnehmungen diesem Wirkungszusammenhang, der bis dahin permanent war, nicht mehr eingeordnet werden können, indem sie gleichsam fernabrücken, schwanken, unfassbar verbleiben: ist dieser Wirkungszusammenhang nicht mehr da, mit ihm fehlt nun die Spannung zwischen ihm und dem Selbst.

[1] Krishaber, a. a. O. 151.

Wie anders die Bedingungen, unter denen die Traumbilder eine halbe oder Dreiviertelsrealität erhalten! Und doch ist hier die Bedeutung des Willensverhältnisses für das Bewusstsein der Realität noch viel klarer. Die Veränderungen der Blutvertheilung und des Stoffwechsels im Schlafe wirken einerseits eine grössere Erregbarkeit zu Bildern, ähnlich dem Vorgang, in welchem die Hallucination entsteht, andererseits aber eine starke Minderung der regulirenden und unterordnenden Wirkungen des erworbenen seelischen Zusammenhanges auf diese Bilder und der willkürlichen Richtung der Aufmerksamkeit. So fällt die Controle der Bilder aus, die in den oben geschilderten Hallucinationen stattfindet; zugleich vermag die geminderte Aufmerksamkeit nicht, die Bilder festzuhalten oder willkürlich zu verdrängen; sie gleiten an dem Bewusstsein vorüber, wie Bilder der Laterna magica, unabhängig von Wille und Aufmerksamkeit dessen, der sie sieht; hieraus entsteht ihnen eine schattenhafte Art unabhängiger Realität; und diese wird durch ihre Beziehung zu dem auch während der Träume fortdauernden Spiel der Gefühle verstärkt. Die Traumbilder verweben sich mit den Passionen. Im wachen Leben herrschen, wie das Tageslicht die Lampe überstrahlt, die permanent gegenwärtigen Wahrnehmungen. Im tiefen Schlaf vermag sich das Bewusstsein den es gleichsam belagernden Phantasiebildern nicht zu entziehen; es wird von ihnen überrascht als von Unerwartetem; es kann sie nicht zum Stillstand bringen. Dennoch bleibt diesen Bildern, wie gesagt, das Schattenhafte, das wir als den Charakter der Traumsphaere bezeichnen. Denn Wille, Impuls, willkürliche Bewegung, und dann wieder energischer Widerstand verleihen dem Leben die volle Realität; Einordnung der Einzelbilder in eine gesetzmässige Wirklichkeit, welcher sie subordinirt werden, verdichtet diese Wirklichkeit zu einem nach eigenen Gesetzen uns widerstehenden Zusammenhang; willkürliche Bewegungen bestätigen diese Realität: alles das mangelt der Traumsphaere. Die Spannung zwischen dem energischen bewegungsmächtigen Subject und den Gegenständen ist hier herabgesetzt.

Wie gleichsam durch eine solche Spannung Selbst und Welt auseinandergehalten werden, kann schliesslich auch an den Zuständen von Narkose festgestellt werden, welche ja denen des Traumes vielfach verwandt sind. Aus manchem Belehrenden hebe ich einen Bericht über den Vorgang hervor, in welchem bei dem Erwachen Selbst und Objecte auseinandertreten.[1] Obwohl dieser Bericht schon den vierziger Jahren angehört, kann er doch auch heute noch nicht durch einen ausführlicheren ersetzt werden. Er zeigt, wie mit dem Wieder-

---

[1] Harless und Bibra, Wirkung des Schwefeläthers 1847 S. 25 ff. S. 81 ff.

auftreten von Leistungen, unter deren Mitwirkung nach den Ergebnissen der psychologischen Analyse überall das Ichbewusstsein sich aufbaut, nämlich der sinnlichen Gefühle und der willkürlichen Bewegung, auch Selbst und Objecte nun wieder auseinandertreten.

Ist es doch derselbe Act von Auseinanderhalten des Selbst und der Objecte innerhalb des Bewusstseins, gleichsam von Furchung innerhalb dieses Bewusstseins, in welchem das Selbst abgegrenzt und zugleich das Bild als ein Aussen objectivirt wird. Ein Selbst ist ja für uns nur da, sofern es von einer Aussenwelt unterschieden wird, und das Wort Aussenwelt hat nur einen Sinn, sofern diese vom Selbst abgesondert wird. Denkt man sich die eine Thatsache aufgehoben, so wäre es auch die andere. Wäre das Selbstbewusstsein ausgelöscht, so gäbe es kein Aussen mehr für die Objecte, es fehlte der Ansatz zu der Relation des Eigen oder des Innen zu dem Aussen.

Aus einer Narkose erwachend, konnte Harless 'durchaus nicht seine Persönlichkeit von der einer anderen Person, auf die sein erwachendes Auge fiel, trennen'. In diesem Falle war eine Sonderung des Selbst von Objecten noch aufgehoben, obwohl Bilder schon aufgefasst wurden. In einem anderen noch merkwürdigeren Falle war im Moment des Erwachens der Sehnerv schon im Stande seine Eindrücke zum Bewusstsein zu bringen, aber noch versagte die willkürliche Bewegung, ein Punkt, der sich später als von Wichtigkeit erzeigen wird. 'Mit einem Mal sah ich meine beiden Freunde, die dem Experiment beiwohnten, am Ofen des Laboratoriums stehen, aber von allen anderen Gegenständen noch nichts, weil ich nicht das Vermögen besass, die Augenaxen anders zu stellen, als sie gerade vor dem Eintritt der Narkose gestellt waren. Bei diesen zweien vermisste ich nun einen dritten, nämlich mich selbst; aber nicht mit dem Bewusstsein, dass ich dabei sein müsste, sondern nur mit der historischen Erinnerung, dass kurz vorher ein dritter noch dabei war. Ich suchte diesen dritten etwa 3 Secunden lang buchstäblich wie in einem öden, leeren Raume, bis in einem Moment mit einer lebhaften Bewegung der Hand mein Selbstbewusstsein wieder erwacht war und ich mich wieder unter ihnen fühlte'.[1] Man sieht, wie Gefühl und willkürliche Bewegung zurückkehren und so das Selbstbewusstsein sich wieder herstellt. Es wird nicht ausdrücklich bemerkt, aber selbstverständlich hatten diese Bilder, so lange ihnen der Relationspunkt eines Selbstbewusstseins fehlte, keine Aussenexistenz.

Mit diesem Allem ist in Übereinstimmung, dass das Thier und das Kind sich eben so energisch von der Aussenwelt unterscheiden

---

[1] A. a. O. S. 27 vergl. 84.

als der erwachsene Mensch. Selbstgefühl, Selbstschätzung, Streben, die Triebe zu befriedigen, sind als Lebensgewalt in ihnen so wirksam als im entwickelten Menschen.

Bestätigung aus der Lebendigkeit der Dinge für das Kind und den Naturmenschen.

Impuls und Widerstand enthielten den Keim der Trennung von Selbst und Object: dieser entfaltet sich, indem das Selbst sich als eigenes Zweckganze abschliesst: nun lösen sich auch aus dem chaotischen Spiel von Kraftäusserungen, welches dies Selbst umgiebt, andere Personen ab. Denn der erste objective Zusammenhang eines Ganzen, der uns aufgeht, ist der einer anderen Person. Die Mutter, welche sich über die Wiege des Kindes beugt, es aufnimmt und nährt, ist ihm die erste volle Realität, welche aus dem Hintergrunde des Sinnenchaos auftaucht und leibhaftig wird. Denn dem Selbst ist gemäss seinen eigenen Erfahrungen von Wollen und Wirken in jeder Hemmung oder Förderung, welche es erfährt, Kraft gegenwärtig. Und nun wird hier eine Anordnung von Kraftwirkungen regelmässig erfahren, welche aus dem eigenen Lebensgefühl heraus als andere Person verständlich ist. Nach dieser Analogie concipiren wir dann die Objecte. Die Eigenschaften und Wirkungen eines solchen Objectes werden durch eine dem Willen analoge Kraft zusammengehalten. Das Ding und dessen begriffliche Formel: Die Substanz ist sonach nicht eine Schöpfung des Verstandes, sondern der Totalität unserer Seelenkräfte. Der nächste Beweis hiervon liegt in der Unmöglichkeit, diese Formel dem Verstande widerspruchsfrei durchsichtig zu machen. Dann aber zeigt sich dies in der willenskräftigen Lebendigkeit der Dinge für das Kind und den primitiven Menschen. So bestätigen zahllose geschichtliche Erfahrungen unsere Auffassung: der Animismus bei den Naturvölkern, das mythische Vorstellen, bekannte Eigenthümlichkeiten der Sprachen, die unvertilgbare Neigung der Poesie, die Lebendigkeit der Natur immer wieder, der mechanischen Naturerkenntniss zum Trotz, im Namen des ganzen Menschen herzustellen. Dies Alles habe ich in meiner Einleitung in die Geisteswissenschaften und in dem Entwurf der Poetik schon zureichend ausführlich entwickelt.

Das Ergebniss.

1.

Kant bezeichnete es als einen Scandal der Philosophie und der allgemeinen Menschenvernunft, dass denen gegenüber, welche auf den Einfall etwa gerathen, die Realität der Aussenwelt zu bezweifeln,

kein genügender Beweis derselben vorhanden sei. Geht man von der Welt als Vorstellung aus, betrachtet man das Verhältniss der Empfindungsverbindungen zu Impuls und Gefühl nur als charakteristische Merkmale dieser Empfindungsverbindungen, welche den Schluss von diesen auf deren Ursache jenseit des Bewusstseins ermöglichen, dann entsteht für die Philosophie in der That die Aufgabe eines Beweises, welcher durch Verstandesschlüsse vermittelst des Begriffes der Ursache in das Jenseit des Bewusstseins hinübergreift. Man muss dann von den in Empfindung und Denken gegebenen Phaenomenen zum Grenzbegriff des Phaenomens, dem Bewusstseinstransscendenten, fortgehen; denn man kann nur vermittelst desselben die in Empfindung und Denken auftretenden Thatsachen fassbar machen. So bedient sich die Erklärung der Hypothese von der Existenz eines Bewusstseinstransscendenten, und bestimmt dann etwa weiter hypothesisch dessen Eigenschaften. Diese Erwartung, aus den Thatsachen des Bewusstseins die Existenz eines Bewusstseinstransscendenten allgemein-gültig genügend abzuleiten, ist innerhalb eines nicht vollständig kritischen Denkens entstanden. Dasselbe nimmt selbständige Existenz jenseit des Bewusstseins als einen in sich klaren Begriff, und versucht dessen thatsächliche Gültigkeit aufzuzeigen. Dies ist die Folge einer Methode, welche die erkenntnisstheoretischen Grundfragen und ihre Auflösung in einem Umkreis möglichst weniger abstracter Begriffe festlegte, als ob deren Sicherheit hierdurch zunehme. Descartes, von der Mathematik verleitet, suchte in dem von der Wirklichkeit und den wissenschaftlichen Begriffen über dieselbe erfüllten Bewusstsein denknothwendige Elemente und Beziehungen; vermittelst derselben wollte er von dem cogito sum zur Aussenwelt, und schliesslich zur metaphysischen Erkenntniss gelangen. Diese Beziehungen waren natürlich um so durchsichtiger, jemehr sie blosse Denkbeziehungen waren. So intellectualisirte man die Begriffe: Ursache und Substanz, man glaubte, in ihrer Klarheit und Deutlichkeit ein Kriterium der objectiven Gültigkeit zu besitzen, und man rechnete mit ihnen im Denken. Die Metaphysiker corrigirten von diesen Begriffen aus die Erfahrungen, aus denen sie entstanden waren (Zeller a. a. O. 230 ff. über die so entstandenen Schwierigkeiten). Ging man später von einer richtigeren Einsicht über den Ursprung der Begriffe: Ursache und Substanz in der erkenntnisstheoretischen Betrachtung aus, so blieb das Ziel der Methode doch immer Nachweis einer unabhängigen Existenz jenseit des Bewusstseins vermittels des Begriffs der Ursache. Das Merkmal einer unabhängigen Existenz an den Objecten wurde nicht auf die Thatsachen zurückgeführt, die im Bewusstsein gegeben sind. So verband man mit einem Merkmal, das

schliesslich in den Erfahrungen des Willens gegründet ist, ohne kritische Erwägung seines Ursprungs das der Bewusstseinsjenseitigkeit. Die Einen unternahmen nun die Realität des unabhängigen Bewusstseinstransscendenten zwingend zu erweisen, während die Anderen die Unmöglichkeit eines allgemein gültigen Nachweises mit überlegenen Argumenten aufzeigten. Wie vermöchte man aber von dem festen Boden des Selbst aus, vermittels des Begriffs der Ursache eine Brücke hinüber zu dem Jenseit des Bewusstseins zu schlagen? Dort ist kein fester Boden. So erhob sich schliesslich immer wieder neben dem kritischen Realismus der intellectualistischen Schule und seinem Zwillingsbruder, dem Phaenomenalismus, die intuitionistische Lehre, welche sich auf die Unmittelbarkeit des Bewusstseins von der äusseren Wirklichkeit berief. Ich versuche zunächst zu zeigen, dass diese Standpunkte gegenüber der vorstehenden Analyse sich nicht halten lassen.

2.

Wir haben gesehen, dass die Annahme der Schotten, Jakobi's und einiger französischer Forscher unseres Jahrhunderts von einer unmittelbaren Gewissheit der Realität der Aussenwelt falsch ist. Auch konnten wir den Ursprung dieses Scheins aufdecken; die Widerstandserfahrung nämlich entsteht zwar in einem zusammengesetzten Vorgang, aber tritt dann in unserem Bewusstsein nachträglich als ein Einfaches auf. Immer sind vermittelnde Denkvorgänge erforderlich, die denkende Erfahrung der Realität herbeizuführen. Die Behauptung von der Unmittelbarkeit dieser Erfahrung entspringt nur dem Mangel gründlicher psychologischer Analyse. Diese Behauptung ist durch die Analyse der Gesichts- und Tonwahrnehmungen in den Arbeiten von Helmholtz definitiv widerlegt und die sogenannte Lehre von der Intellectualität der Sinneswahrnehmung ist durch ihn endgültig erwiesen worden. Diese erwiesene Lehre versuchten wir nur durch den näheren Nachweis der aus dem Triebleben stammenden Seite des Objects zu ergänzen. Zugleich gaben wir eine Methode an, aus den Veränderungen im Wirklichkeitsbewusstsein auf die verschiedenen Factoren zu schliessen, deren Product dasselbe ist. So können wir als sicheres Ergebniss betrachten: Das Wissen von einem unabhängigen Bewusstseinstransscendenten ist nicht unmittelbar gegeben.

Dies Wissen kann aber ebensowenig durch Schlüsse zwingender Art gewonnen werden. Ein solcher Beweis steht unter der Annahme, dass die Gesetzlichkeit des Denkens Anwendung auf das inhaltlich gänzlich Bewusstseinsjenseitige habe. Dies ist das alte Princip der grossen griechischen Metaphysiker, wie der philosophischen Physiker des

17. Jahrhunderts. Er bedient sich der Begriffe von Existenz, Realität, Ursache, Substanz trotz der bekannten Schwierigkeiten, welche sowohl von den Positivisten seit Hume, als von den Transscendentalphilosophen seit Kant geltend gemacht worden sind. Und dennoch! Geht man von der Forderung aus, die Eindrücke innerhalb des Bewusstseins nicht blos durch Gleichförmigkeiten zu beschreiben, sondern zu erklären, so findet man sich von den angegebenen intellectualistischen Voraussetzungen aus zu der Hypothese äusserer Objecte genöthigt, und dieselbe erhält um so stärkere Begründung, je mehr gerade die in der Unverdrängbarkeit und Gesetzmässigkeit gelegenen Eigenschaften der Eindrücke betont werden, wie dies Helmholtz und Zeller thun.

Denn die Realität der Aussenwelt ist eben die allgemeinste Voraussetzung, welche allen unseren Inductionen im gewöhnlichen Leben sowie in der Wissenschaft zu Grunde liegt. Und jede gelingende Induction, jede Auffindung einer Gesetzmässigkeit, jedes vorausbedachte erfolgreiche Handeln wird, als unter dieser Voraussetzung stehend, zu einer neuen Bestätigung derselben. Wohl kann diese Voraussetzung durch eine andere ersetzt werden und diese kann niemals völlig ausgeschlossen werden. Aber dieselbe zeigt sich als sehr künstlich und im höchsten Grade unwahrscheinlich. Die Objectbilder sind entweder durch etwas Bewusstseinstransscendentes bedingt, das nach Gesetzen wirkt, aus welchen dann das Auftreten, Sichverändern und Schwinden dieser Bilder erklärt werden kann, oder diese Bilder haben ihren Grund in dem Bewusstsein, das sie vorstellt. Im letzteren Falle ist dieses Bewusstsein so eingerichtet, dass es den permanenten Schein der von aussen auftretenden und vom Ich unterschiedenen Objecte hervorbringt. Auftreten, Veränderung und Schwinden der Objecte sind dann aus der allgemeinen Bedingung des Scheines der Realität dieser Objecte nach Gesetzen ableitbar. Was schliesst nun aber diese zweite Annahme in sich! Jede perspectivische Verschiebung steht nach optischen Gesetzen zu dem Wechsel des Standortes des Blickenden in festem Verhältniss. In diesen Zusammenhang sind andere sinnenbegabte Personen gleichsam eingeschachtelt; sie besitzen Gesichtsbilder, sie erzeugen Laute und auch diese Sinneseindrücke verlaufen allesammt so, als bestünden diese Personen und erblickten sowohl Objecte als gegenseitig sich selbst. Endlich sind in das Leben jeder dieser Personen Zustände, die vom wachen Leben abweichen, Träume, freie Spiele der Fantasie eingeordnet; sie sind so geartet, dass sie wieder nach denselben allgemeinen Gesetzen, gemäss den Eigenschaften der Seele, unter der Bedingung der Existenz objectiver Sinnesreize, abgeleitet werden können. Ein so verwickelter Mechanismus von Einrichtungen, die alle gleichsam dem Schein der Existenz objectiver Gegenstände entgegen convergiren, setzt selbstverständlich ein zweck-

mässig Wirkenden, das nur nicht in unser Bewusstsein fällt, voraus. Mögen wir es den Himmel oder Gott oder Dämon nennen, es ist die abenteuerlichste Vorstellung, die wir fassen können, ein hypothetisches Ungeheuer ohne Gleichen. Eine gänzlich zweckwidrige, ja sinnlose Zweckmässigkeit: seit ich dieser einzelne Mensch, zu erfahren und zu erinnern begann, muss dies Wesen schon auf den Zusammenhang aller künftigen Erfahrungen meine allererste Erfahrung eingerichtet haben. Ein unermesslicher Aufwand von Intelligenz muss beständig für den nichtigsten Zweck — einen blossen Schein aufgewandt werden. Die moralischen Gefühle, die in diesem Zusammenhang auftreten, der Arbeitsaufwand des bewussten Willens kann nur durch diesen Schein bedingt sein und muss sich auf blosse Scheinbarkeiten beziehen. So wird diese Welt des Scheins zu einer Welt des Trugs; das weiseste und nichtsnutzigste Wesen hat dies alles hervorgebracht, ist aber zugleich nicht Ich, in welchem meine moralischen Gefühle enthalten sind. Man sieht wie unwahrscheinlich eine solche Annahme ist. Man braucht sie nur auszubilden, um sie zu verwerfen.

Aber — allgemeingültig widerlegen kann sie Niemand! Da in diesem Bau bewusstseinsjenseitiger Hypothesen dem Denken überall Schlupfwinkel bleiben, vor den Folgerungen seiner Annahmen sich im Dunkel der Transscendenz zu verbergen. Ja in dieser Beweisführung liegt ein Fehler, welcher in jedem Argument wiedergefunden werden kann, das diese intellectualistische Schule aufgestellt hat. Es wäre Chicane, das Recht anzuzweifeln, die Operationen des Denkens auch auf das Bewusstsein-jenseitige zu erstrecken und auch da den Gesetzen des Denkens Geltung zu zuerkennen. Jede Argumentation steht selbstverständlich unter den allgemeinsten Eigenschaften des Denkvorgangs, welche wir in der Abstraction als Formen und als Gesetze des Denkens herausheben. Wie wir ohne Gesichtssinn nicht sehen, dieser sonach die Bedingung ist, unter der alle Bilder stehen, so kann ohne Denken keine Thatsache des Bewusstseins ausgesprochen oder begründet, keine Ergänzung derselben durch Nicht-Gegebenes gefunden werden. Bedenklicher ist es, auf einen Schluss von den Wirkungen zu den Ursachen die Beziehung der Empfindungen auf die Objecte zu begründen. Wir wissen nicht, ob dieser an das Bewusstseinsjenseitige so von aussen herangebrachte Begriff etwas an diesem erfasst. Aber der augenfälligste Fehler besteht in Folgendem. Jeder Beweis, dass die Ursachen unserer Empfindungen ausserhalb unseres Selbst gelegen seien, kann, bei der vollkommenen Dunkelheit dieses Ausserhalb und seiner Bedingungen, schliesslich immer nur indirect geführt werden, nämlich durch Ausschluss der Möglichkeit, dass die Empfindungsverbindungen in dem

Selbst begründet seien. Hierbei ist aber die Voraussetzung erforderlich, dass die aus dem bewussten Seelenleben abstrahirten Gesetze desselben als Maassstab in diesem gränzenlosen metaphysischen Felde angewandt werden können. Warum kann aber mein bewusstes Dasein nicht mit ihm verbundene Lebensbedingungen haben, innerhalb deren andere Formen des Geschehens walten? Warum können hier nicht Bewusstseinsprocesse abgelaufen sein und Ergebnisse hinterlassen haben, während die Erinnerung an diese Processe untergegangen ist? Warum — aber es ist überflüssig im Einzelnen zu zeigen, dass die Art wie in einem solchen Zusammenhang rückwärts unser Selbst gegründet sein und wie es aus denselben Bedingungen für den uns bekannten Lebensablauf erhalten kann, gänzlich unbestimmbar ist, und dass doch auf den Bestimmungen hierüber jeder Beweiss der intellectualistischen Schule für die Realität der Aussenwelt beruht.

3.

Wir konnten durch psychologische Analyse zu klarem Bewusstsein erheben, wie uns Realität eines von uns Unabhängigen im Bewusstsein gegeben sei und was wir darunter zu verstehen haben. Der ganze Sinn der Worte Selbst und Anderes, Ich und Welt, Unterscheidung des Selbst von der Aussenwelt liegt in den Erfahrungen unseres Willens und der mit ihm verbundenen Gefühle. Alle Empfindungen und Denkprocesse umkleiden gleichsam nur diese Erfahrungen. Könnte man sich einen Menschen denken, welcher ganz Wahrnehmung und Intelligenz wäre, dann würde dieser intellectuelle Apparat vielleicht alle möglichen Mittel zur Projection von Bildern enthalten: niemals würde dieses alles doch die Unterscheidung eines Ich von realen Gegenständen möglich machen. Deren Kern ist vielmehr das Verhältniss von Impuls und Hemmung der Intention, von Wille und Widerstand. Ich habe zu zeigen versucht — und gerade in diesem Einzelnachweis lag das mir Wichtige —, dass dies selbe Verhältniss an allen Stellen des Gewebes unserer Eindrücke denselben ihre Realität mittheilt, dass es vermittels der Mitwirkung des Denkens Realitäten summirt, die Wirklichkeit verdichtet und über den einzelnen Setzungen von Realität schliesslich in den Gesetzen, die als Kraft wirken, mächtige Klammern gleichsam innerhalb der ganzen Wirklichkeit herstellt. Wir sahen weiter, Impuls, willkürliche Bewegung, Druck, Widerstand, Hemmung, Eintreten des Nichterwarteten, Versagen des Gewollten und Verdrängbarkeit des Widrigen, Nichteintreten des Erwarteten bilden überall gleichsam die Innenseite des Zusammenhangs unserer Wahrnehmungen, Vorstellungen und] k-

vorgänge. In dem Maasse, in welchem diese inneren Bestandtheile sich summiren, in einander wirken, über einander greifen wächst der Charakter von Wirklichkeit, welchen die Bilder für uns haben. Sie wird zu einer Gewalt, die uns ganz umfängt, ein Netz, dessen Maschen nichts durchlassen, dem nichts sich entzieht. Impuls, Druck, Widerstand sind nun gleichsam die festen Bestandtheile, welche allen äusseren Objecten ihre Solidität mittheilen. Wille, Kampf, Arbeit, Bedürfniss, Befriedigung sind die immer wiederkehrenden kernhaften Elemente, welche das Gerüst geistigen Geschehens ausmachen. Hier ist das Leben selber. Es ist beständig sein eigener Beweis.

Von diesem Standpunkt aus kann nun die Frage nach der Entstehung des Bewusstseins von Realität im Einzelnen vollständiger und angemessener aufgelöst, sonach die Erklärung dieses Bewusstseins von Realität befriedigender hergestellt werden. »Wenn die Wahrnehmungen«, so fasst Zeller die geltende Ansicht zusammen (Vorträge II 253) »anerkanntermaassen nur Vorgänge in uns sind, von denen wir voraussetzen, sie seien durch Gegenstände ausser uns hervorgerufen, so lässt sich schlechterdings nicht einsehen, auf welchem anderen Wege wir zu dieser Voraussetzung gekommen sein könnten, als durch einen Schluss von der Wirkung auf die Ursache. Wir finden diese Empfindungen und Wahrnehmungsbilder in uns vor, und die Natur unseres Denkens nöthigt uns nach ihrer Ursache zu fragen.« Ich nehme dagegen an, dass wir nicht durch Unterordnung unter die Conception der Ursache ein Aussen im Denken construiren: uns ist vielmehr in den Erfahrungen der Hemmung und des Widerstandes die Gegenwart einer Kraft oder Ursache gegeben, die wir dann als eine äussere, von uns getrennte auffassen müssen. Denn die Hemmung und der Widerstand schliessen ebenso gut Kraft in sich als der Impuls. Wie in dem Bewusstsein des Impulses die Erfahrung liegt, dass ich eine Kraft übe, so liegt in dem Bewusstsein der Hemmung und des Widerstandes, dass eine Kraft auf mich wirkt. Ich kann die lastende Vorstellung meiner Krankheit durch Willensanstrengung nicht entfernen, sondern sie übt auf mein Lebensgefühl einen dauernden Druck. In jeder Erfahrung solcher Art werde ich deutlich inne, dass in dem Druck oder der Hemmung eine Kraft gegenwärtig ist. Hierbei ist das, was wirkt, von dem, auf welches es die Wirkung ausübt, eben durch dieses Verhältniss unterschieden. Dies schliesst natürlich nicht aus, dass Ein Zusammenhang das relativ Geschiedene umschliesst. So sondern Plato Intellect und Sinnlichkeit als Theile der Seele und die Empiristen die Empfindungen als Einzelkräfte relativ von einander. Die Trennung verschärft sich, wenn ein constanter Wille, von welchem Impulse zu Bewegungen planmässig ausgehen, demselben Widerstande

permanent begegnet. Nun bilden wir ferner das Zweckganze unseres Ich, und das hier erlebte Structurverhältniss wird uns zum Leitfaden, die Eindrücke zum Ganzen einer anderen zweiten Person zu verknüpfen. Aus dem verworrenen Spiel der Eindrücke tritt dem Kinde die Mutter als volle Wirklichkeit heraus: erste Repraesentation von Realität überhaupt. Ich verfolge dies nicht, sondern hebe einen anderen entscheidenden Punkt hervor, an welchem meine Erklärung sich von der herrschenden trennt. Nach dieser werden von uns Empfindungen, die als solche nur Vorgänge im Inneren des empfindenden Subjects sind, auf Dinge ausserhalb des Bewusstseins bezogen, und die Regelmässigkeit dieser Beziehung hat dann zur Folge, dass wir Bilder und Dinge nicht zu trennen wissen, sondern die Dinge selber zu sehen glauben (a. a. O. S. 247). Ich nehme vielmehr an, da ein auftretender Empfindungsverband sich vom Impuls unabhängig erweist, mein Triebleben hemmt und mein Bedürfniss nicht zur Befriedigung gelangen lässt, so ist mir in diesen Wirkungen eine Kraft gegenwärtig, deren Aussenseite gleichsam die Empfindungsverbindung ist. Hierin ist die Dingvorstellung gegeben. Daher machen mich auch alle durch die Bedingungen des Wahrnehmens herbeigeführten Veränderungen meiner Bilder nicht daran irre, dass die Kraft, welche das Ding ausmacht, in diesen Eindrücken gegenwärtig und wirksam ist. In der Empfindungsverbindung sitzt das Object. Erst die nachträgliche wissenschaftliche Betrachtung legt dies Verhältniss dahin auseinander, dass das Bild der Effect des Zusammenwirkens der Empfindungsleistung mit einer äusseren Ursache ist, sonach das Bild sich auf den Gegenstand beziehe. Das Selbst und die Objecte liegen daher beide innerhalb des Bewusstseins. Denn in den Wirkungen auf den Willen und die Gefühle ist die äussere Kraft gegenwärtig. Das Object hat ferner dieselbe Kernhaftigkeit als das Selbst. Denn es ist nicht durch das Denken in das Leere hinein construirt, sondern hat an dem Erlebniss des Willens sein eigenes Leben und seinen selbständigen Kern.

4.

Und nun lässt sich endlich auch auf diesem Standpunkte das Problem vom Rechte unseres Glaubens an eine äussere Wirklichkeit auflösen. Die philosophische Begründung dieses Glaubens kann nur dasjenige analytisch darstellen, was in der lebendigen Erfahrung gegeben ist und dann vermittelst der in dieser Erfahrung aufgefundenen Bestandtheile den Horizont derselben erweitern. Sie spricht also nur aus, was Realität der Aussenwelt im wohlverstandenen Sinne dieser Erfahrung ist. Auch ist, wofern unsere Erklärung sich bestätigt, eine

solche Interpretation der Erfahrung völlig ausreichend. Wir brauchen nicht von den Thatsachen des Bewusstseins im blossen Denken vermittelst des Schlusses auf Ursachen in das Bewusstseinsjenseitige hinüberzulangen. In jeder Erfahrung von Hemmung oder Widerstand ist uns die Kraft gegenwärtig, die in diesem Druck auf den Willen wirksam ist. Die relative Sonderung, welche hiermit immer gegeben ist vollendet sich in der Unterscheidung des Selbst von einer anderen Person. Trennung eines Aussen von einem Selbst ist nichts als das in dieser typischen Erfahrung gegebene Verhältniss. Sofern ein Empfindungsverband die Structur eines Willenszusammenhanges nicht besitzt, aber die permanente Ursache eines Systems von Wirkungen ist, nennen wir ihn Object. Überall wo wir dieselben Bestandtheile durch Schlüsse erweisen können, setzen wir Realität. Und die Objecte erweisen in den vom Willen unabhängigen Gleichförmigkeiten des Wirkens oder den Gesetzen ihre selbständige Wirklichkeit.

So ist in dieser Ansicht der Phaenomenalismus aufgehoben, indem das Bewusstsein von der Realität der Aussenwelt den Thatsachen des Willens, der Triebe und Gefühle eingeordnet wird, welche das Leben selber ausmachen. Der Gegensatz von Speculation und Leben oder Handeln ist aufgelöst. In einem Gespräch zwischen einem Vedantisten und Buddhisten wird der Idealismus so widerlegt: 'behauptet Jemand, wir gewahren keine Objecte, so ist dies, als wenn Jemand, der isst, während sich ihm die Sättigung ganz unmittelbar fühlbar macht, behauptet, ich esse nicht und ich werde auch nicht satt'. Dies drückt richtig aus, dass die Realität im Willen aufgeht und das ihm gänzlich Jenseitige ein blosses Wort ist. Die Erfahrungen des Willens, in denen das Object entsteht, sind durch Empfindungsprocesse und Denkvorgänge vermittelt; dies habe ich überall aufgezeigt. Aber in diesen Vermittelungen liegen gleich festen Kernen die bewussten Willenszustände von Impuls und Hemmung. Diese sind unmittelbare Thatsachen. Es muss in seiner Tragweite erwogen werden, dass vom Impuls zur Willenshemmung nur Empfindungen, Vorstellungen, Denkprocesse hinüberführen, man muss zugeben, dass diese Empfindungen als bloss subjective Bilder aufgefasst werden können, und alsdann wäre, so zu sagen, für den Willen kein Anlass, sich gehemmt zu finden. Die Natur der Bilder und Vorstellungen schliesst eine solche Auffassung nicht aus, ja Hallucination, Traum und Irresein geben hierfür Analogien. Jedoch die harten Willensthatsachen von Impuls und Hemmung verbieten eine solche subjective, phaenomenalistische Wendung. Der Impuls dauert fort, während die Hemmung eintritt. Es sind nicht Zustände, die auf einander folgen, vielmehr gleichzeitig besteht der Impuls fort und findet sich gehemmt. Man

denke nun den Impuls als Ergebniss der Willensentschliessung in einem Selbst, die Hemmung ebenso als solche in einer anderen Person. So wenig wie im Denken a und non-a zugleich gesetzt werden können, so wenig kann nunmehr diese Willensintention und die so bestimmte Gegenwirkung gegen sie demselben Willen zugeschrieben werden.

Dass dem Ich ein Du oder ein Es gegenübersteht, das heisst nichts anderes, als dass so von meinem Willen ein ihm gegenüber Unabhängiges erfahren wird. Nun sind zwei Selbständigkeiten da, zwei Willenseinheiten, und das ist die Erfahrung, welche diesen Ausdrücken Einheit, Aussereinandersein und Mannigfaltigkeit von Willen oder Objecten überhaupt zu Grunde liegt. Der Wille und seine Hemmung treten innerhalb desselben Bewusstseins auf. Wie sie beide gleichsam umkleidet sind von Empfindungsaggregaten und Denkvorgängen, wird der Wille zu der im Körper erscheinenden Person, das Widerstehende zum Object. So kommt es, dass beide bewusste Thatsachen sind und wir sagen können, dass das Bewusstsein beide umfasse.

Hier begegnen wir einem seltsamen Problem. Die Begriffe von Wirkung und Ursache sind durch Verallgemeinerung und Abstraction aus den angegebenen Erfahrungen des Willens entstanden. Wir nehmen nun an, dass die Ursache gleichsam in das, worin sie wirkt, hineintritt und so in ihm gegenwärtig ist; aber dies schliesst für uns nicht aus, dass sie zugleich jenseit desselben und von demselben getrennt ist. Dies ist der abstracte Ausdruck des Thatbestandes, nach welchem innerhalb des Bewusstseins ein Widerstand, eine Hemmung der Intention auftritt, die sich gleichsam jenseits des Willens erstreckt.

Indem wir die Bewegungen der Körper vermittels dieser Erfahrungen von Impuls und Widerstand interpretiren, entsteht die Conception einer Mannigfaltigkeit physischer Kräfte. Diese Interpretation wird dadurch begünstigt, dass der Impuls schon in unserer eigenen Erfahrung als Bewegungsantrieb auftritt, ebenso die Hemmung der Intention als Berührung, Widerstand und Druck. Es ist belehrend zu sehen, wie in der Mechanik und mechanischen Philosophie des 17. Jahrhunderts der Begriff des Momentes bei Galilei, des Impetus und Conatus bei Hobbes, dann bei demselben der Zusammenhang von diesen Begriffen bis zur Empfindung, ferner die Correlation von Bewegungsvorgängen und Innenzuständen bei Spinoza, das Erscheinen der Mannigfaltigkeit der Kräfte in dem System der Bewegungen bei Leibniz gleichsam die Fäden nur fortspinnen, welche so in den Erfahrungen des Willens und der Umkleidung derselben durch die Empfindungsaggregate im ungelehrten Menschen gleichmässig gegeben sind. Ebenso construiren wir dann auch alle geschichtlichen Vorgänge von

einem Mannigfaltigen der Willenseinheiten aus. Alle äusseren körperlichen Handlungen dieser psycho-physischen Wesen sind uns der Ausdruck von Willensvorgängen in denselben. Willenseinheit, Kampf der Willen, Verwandtschaft und Solidarität derselben, Herrschaft, Abhängigkeit, Verband: alles Willensthatsachen. Auf ihnen beruht die Geschichte. Und zwar taucht hier ein Hintergrund hinter den Einzelpersonen wie aus Nebeln auf. Die Objecte und ihre einzelnen Elemente sind durch Gesetze zur Einheit verbunden, die Personen erscheinen in den Verhältnissen der Verwandtschaft und Solidarität, in dem Bedürfniss ihres Denkens nach Allgemeingültigkeit, in den Thatsachen von Ehrgefühl und überhaupt von Bestätigung des eigenen Gefühls durch Andere nicht als Atome, sondern in einer uns unfassbaren Weise verbunden.

Alle metaphysische Speculationen darüber, wie ein Ich getrennt sein, wie das Getrennte aufeinander wirken, wie beides unter demselben Gesetz stehen könne, ja wie ein Ich in einem Körper wohnen möge, entspringen aus dem Mangel kritischer Selbstbesinnung; das Denken will hier hinter die Thatsachen zurück, die in seinen Begriffen ausgedrückt sind. Sie werden zugleich befördert durch die falschen Trennungen, welche aus den Voraussetzungen der abstracten intellectualistischen Richtung hervorgehen. Wir erfahren in jeder Stunde unseres Lebens, wie gerade die Selbständigkeit des wollenden Ich zusammen mit Hemmung seiner Volition und seiner hierdurch gesetzten Bedingtheit und Abhängigkeit auftreten. Wir erleben wie das Eigenleben der Willen, ihr Kampf, und das Bewusstsein von Verwandtschaft und Solidarität zwischen ihnen zusammen bestehen. Ziehen wir hieraus abstracte Begriffe und bringen sie in Beziehungen, so entlocken wir durch diese Procedur der Erfahrung nichts über sie Hinausreichendes.

Ausgegeben am 9. September.

1890.
XL.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

31. Juli. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Auwers.

1. Hr. Kronecker las: Zur Theorie der elliptischen Functionen.

2. Hr. von Bezold legte vor: Untersuchungen über die sogenannten leuchtenden Wolken von O. Jesse.

3. Hr. Pringsheim überreichte einen Bericht des Hrn. Prof. Schimper in Bonn über seine mit Unterstützung der Akademie ausgeführte Reise nach Java und legte eine, Resultate von Beobachtungen auf dieser Reise enthaltende, Mittheilung desselben vor: über Schutzmittel des Laubes gegen Transpiration, besonders in der Flora Java's.

Sämmtliche Mittheilungen sind in diesem Stück abgedruckt.

Zur Theorie der elliptischen Functionen.

Von L. Kronecker.

(Fortsetzung der Mittheilung vom 20. März 1890. XVI.)

XXII.

§. 1.

Die schon im Anfange des art. XXI hervorgehobene fundamentale Bedeutung der mit $\mathrm{Ser}(u_0, u, v, w)$ bezeichneten Reihe zeigt sich noch besonders darin, dass man durch deren Integration zu einer neuen merkwürdigen Verallgemeinerung der Jacobi'schen Θ-Function gelangt.

Setzt man nämlich, wie in den vorhergehenden Abschnitten:

$$u_0 = \sigma_0 v + \tau_0 w\,, \quad u = \sigma v + \tau w\,,$$

so ist:

$$\mathrm{Ser}(u_0, u, v, w) = \sum_{m,n} \frac{e^{(n\sigma_0 - m\tau_0)\,2\pi i}}{(\sigma + m)v + (\tau + n)w}\,,$$

und zwar unter den im art. XXI angegebenen Summationsbedingungen. Nun besteht offenbar, gemäss der zweiten von den am Schlusse des art. XXI hergeleiteten, a. a. O. mit ($\mathfrak{M}$) bezeichneten Gleichungen, die Reihenrelation:[1]

$$\varepsilon\, e^{(\sigma_0\tau - \sigma\tau_0)\pi i}\, \mathrm{Ser}(u_0, u, v, w) = e^{(\sigma\tau_0 - \sigma_0\tau)\pi i}\, \mathrm{Ser}(u, u_0, v, w)\,,$$

oder also:

$$(\mathfrak{A}) \qquad \varepsilon \sum_{m,n} \frac{e^{((\tau + n)\sigma_0 - (\sigma + m)\tau_0)\,2\pi i}}{(\sigma + m)\,v + (\tau + n)\,w} = \sum_{m,n} \frac{e^{(n\sigma - m\tau)\,2\pi i}}{(\sigma_0 + m)\,v + (\tau_0 + n)\,w}\,,$$

und wenn man auf beiden Seiten das eine Mal in Beziehung auf σ_0 von σ_0 bis σ_0', das andere Mal in Beziehung auf τ_0 von τ_0 bis τ_0' integrirt, so kommt:

[1] In der schon am Schlusse von art. XX hergeleiteten, a. a. O. mit ($\mathfrak{Z}^{(V)}$) bezeichneten Reihenrelation ist der Werth von w so vorausgesetzt worden, $\varepsilon = +1$ wird.

$$(\mathfrak{B})\quad\begin{aligned}
&v\sum_{m,n}\frac{e^{-\tau_0(\sigma+m)2\pi i}\left(e^{\sigma_0'(\tau+n)2\pi i}-e^{\sigma_0(\tau+n)2\pi i}\right)}{(\tau+n)\left((\sigma+m)v+(\tau+n)w\right)}\\
&\qquad=2\varepsilon\pi i\sum_{m,n}e^{(n\sigma-m\tau)2\pi i}\cdot\log\frac{(\sigma_0'+m)v+(\tau_0+n)w}{(\sigma_0+m)v+(\tau_0+n)w},\\
&w\sum_{m,n}\frac{e^{\sigma_0(\tau+n)2\pi i}\left(e^{-\tau_0(\sigma+m)2\pi i}-e^{-\tau_0'(\sigma+m)2\pi i}\right)}{(\sigma+m)\left((\sigma+m)v+(\tau+n)w\right)}\\
&\qquad=2\varepsilon\pi i\sum_{m,n}e^{(n\sigma-m\tau)2\pi i}\cdot\log\frac{(\sigma_0+m)v+(\tau_0'+n)w}{(\sigma_0+m)v+(\tau_0+n)w}.
\end{aligned}$$

Damit die zu integrirenden Ausdrücke in dem Integrationsintervalle durchweg endlich bleiben, wird vorausgesetzt, dass weder zwischen σ_0 und σ_0' noch zwischen τ_0 und τ_0' eine ganze Zahl liegt. Die Frage der Convergenz der Reihen auf der rechten Seite der beiden Gleichungen ($\mathfrak{B}$) wird auf die in den vorhergehenden Abschnitten erledigte Frage der Convergenz der Reihe $\mathrm{Ser}_\rho(u, u_0, v, w)$ für die Fälle $\rho = 0$ und $\rho = 1$ zurückgeführt, wenn man den Logarithmus:

$$\log\frac{(\sigma_0'+m)v+(\tau_0+n)w}{(\sigma_0+m)v+(\tau_0+n)w}\quad\text{oder}\quad\log\left(1-\frac{(\sigma_0-\sigma_0')v}{(\sigma_0+m)v+(\tau_0+n)w}\right)$$

auf der rechten Seite der ersteren Gleichung ($\mathfrak{B}$) durch die Reihe:

$$\sum_{\rho=0}^{\rho=\infty}\frac{(\sigma_0-\sigma_0')^{1+\rho}v^{1+\rho}}{(1+\rho)\left((\sigma_0+m)v+(\tau_0+n)w\right)^{1+\rho}}$$

ersetzt. Denn der alsdann resultirende Ausdruck kann in die drei Theile zerlegt werden:

$$v(\sigma_0-\sigma_0')\,\mathrm{Ser}_0(u,u_0,v,w),$$

$$\tfrac{1}{2}v^2(\sigma_0-\sigma_0')^2\,\mathrm{Ser}_1(u,u_0,v,w),$$

$$\sum_{\rho=2}^{\rho=\infty}\sum_{m,n}\frac{\left(v(\sigma_0-\sigma_0')\right)^{1+\rho}}{1+\rho}\cdot\frac{e^{(n\sigma-m\tau)2\pi i}}{\left((\sigma_0+m)v+(\tau_0+n)w\right)^{1+\rho}},$$

und dass die Reihe:

$$\sum_{\rho=2}^{\rho=\infty}\sum_{m,n}\frac{1}{|(\sigma_0+m)v+(\tau_0+n)w|^{1+\rho}}$$

also auch die Reihe, welche den letzten jener drei Theile bildet, convergirt, ist bereits von Eisenstein nachgewiesen worden.[1]

---

[1] Vergl. §. 2 der Abhandlung »Genaue Untersuchung der unendlichen Doppelproducte, aus welchen die elliptischen Functionen als Quotienten zusammengesetzt sind«. Crelle's Journal Bd. 35, S. 166.

Wenn man in der ersteren der Gleichungen ($\mathfrak{B}$) τ_0' für τ_0 substituirt und alsdann beide Gleichungen addirt, so resultirt auf der rechten Seite die Reihe:

$$(\mathfrak{C}) \qquad 2\varepsilon\pi i \sum_{m,n} e^{(n\sigma - m\tau)2\pi i} \log \frac{(\sigma_0' + m)v + (\tau_0' + n)w}{(\sigma_0 + m)v + (\tau_0 + n)w},$$

während der Ausdruck auf der linken Seite sich zuvörderst als ein Aggregat von Reihen in folgender Weise darstellt:

$$v\sum_{m,n} \frac{e^{((\tau+n)\sigma_0' - (\sigma+m)\tau_0')2\pi i}}{(\tau+n)\big((\sigma+m)v + (\tau+n)w\big)} - v\sum_{m,n} \frac{e^{((\tau+n)\sigma_0 - (\sigma+m)\tau_0')2\pi i}}{(\tau+n)\big((\sigma+m)v + (\tau+n)w\big)}$$

$$+ w\sum_{m,n} \frac{e^{((\tau+n)\sigma_0 - (\sigma+m)\tau_0)2\pi i}}{(\sigma+m)\big((\sigma+m)v + (\tau+n)w\big)} - w\sum_{m,n} \frac{e^{((\tau+n)\sigma_0 - (\sigma+m)\tau_0')2\pi i}}{(\sigma+m)\big((\sigma+m)v + (\tau+n)w\big)}.$$

Nun erhält man durch Vereinigung der mit dem Minuszeichen versehenen zweiten und vierten dieser vier Reihen das Reihenproduct:

$$-\sum_m \frac{e^{-2\tau_0'(\sigma+m)\pi i}}{\sigma+m} \cdot \sum_n \frac{e^{2\sigma_0(\tau+n)\pi i}}{\tau+n},$$

und die einzelnen Werthe dieser beiden Reihen sind durch die Gleichungen bestimmt:

$$\sum_m \frac{e^{-2\tau_0'(\sigma+m)\pi i}}{\sigma+m} = 2\pi i \cdot \frac{e^{-2\sigma[\tau_0']\pi i}}{e^{2\sigma\pi i} - 1},$$

$$\sum_n \frac{e^{2\sigma_0(\tau+n)\pi i}}{\tau+n} = 2\pi i \cdot \frac{e^{2\tau[\sigma_0]\pi i}}{1 - e^{-2\tau\pi i}}.$$

Man kann daher, wenn man noch berücksichtigt, dass der Voraussetzung nach $[\tau_0'] = [\tau_0]$ ist, den ganzen Ausdruck auf folgende Form bringen:

$$(\mathfrak{D}) \qquad v\sum_{m,n} \frac{e^{((\tau+n)\sigma_0' - (\sigma+m)\tau_0')2\pi i}}{(\tau+n)\big((\sigma+m)v + (\tau+n)w\big)} + w\sum_{m,n} \frac{e^{((\tau+n)\sigma_0 - (\sigma+m)\tau_0)2\pi i}}{(\sigma+m)\big((\sigma+m)v + (\tau+n)w\big)}$$

$$- \frac{\pi}{\sin\sigma\pi} \cdot \frac{\pi}{\sin\tau\pi} \cdot e^{(-\sigma + \tau - 2\sigma[\tau_0] + 2\tau[\sigma_0])\pi i}.$$

Da der Werth dieses Ausdrucks ($\mathfrak{D}$) mit dem von ($\mathfrak{C}$) übereinstimmt, so muss man dafür den entgegengesetzten Werth erhalten, wenn σ_0 mit σ_0' und zugleich τ_0 mit τ_0' vertauscht wird. Dies kann an dem Ausdruck ($\mathfrak{D}$) selbst nachgewiesen werden, indem man zeigt, dass die Summe des Ausdrucks ($\mathfrak{D}$) und desjenigen ($\mathfrak{D}'$), welcher durch die angegebene Vertauschung entsteht, gleich Null wird. Nun ist diese Summe gleich der Differenz von:

$$(\mathfrak{E})\qquad \sum_{m,n} \frac{e^{((\tau+n)\sigma_0-(\sigma+m)\tau_0)2\pi i}+e^{((\tau+n)\sigma_0'-(\sigma+m)\tau_0')2\pi i}}{(\sigma+m)(\tau+n)}$$

und:

$$(\mathfrak{E}')\qquad 2\,\frac{\pi}{\sin\sigma\pi}\cdot\frac{\pi}{\sin\tau\pi}\,e^{(-\sigma+\tau-2\sigma[\tau_0]+2\tau[\sigma_0])\pi i}\,.$$

Bringt man den ersteren Ausdruck ($\mathfrak{E}$) auf die Form:

$$\sum_m \frac{e^{-2\tau_0(\sigma+m)\pi i}}{\sigma+m}\cdot\sum_n \frac{e^{2\sigma_0(\tau+n)\pi i}}{\tau+n}+\sum_m \frac{e^{-2\tau_0'(\sigma+m)\pi i}}{\sigma+m}\cdot\sum_n \frac{e^{2\sigma_0'(\tau+n)\pi i}}{\tau+n}$$

und summirt die einzelnen Reihen in der oben angegebenen Weise, so erhält man dafür den Werth:

$$\frac{e^{(-\sigma+\tau)\pi i}}{\sin\sigma\pi\,\sin\tau\pi}\cdot\left(e^{(\tau[\sigma_0]-\sigma[\tau_0])2\pi i}+e^{(\tau[\sigma_0']-\sigma[\tau_0'])2\pi i}\right),$$

welcher in der That mit dem Ausdruck ($\mathfrak{E}'$) übereinstimmt, da der Voraussetzung nach:

$$[\sigma_0]=[\sigma_0'],\ [\tau_0]=[\tau_0']$$

ist.

Bildet man jetzt die halbe Differenz der beiden mit ($\mathfrak{D}$) und ($\mathfrak{D}'$) bezeichneten Ausdrücke, welche ihrem Werthe nach mit ($\mathfrak{D}$) übereinstimmt, so fällt der letzte der drei Theile in dem obigen Ausdruck von ($\mathfrak{D}$) fort, und es resultirt die doppelt unendliche Reihe:

$$(\mathfrak{F})\qquad \sum_{m,n}\frac{(\sigma+m)v-(\tau+n)w}{(\sigma+m)v+(\tau+n)w}\;\frac{e^{((\tau+n)\sigma_0'-(\sigma+m)\tau_0')2\pi i}-e^{((\tau+n)\sigma_0-(\sigma+m)\tau_0)2\pi i}}{2(\sigma+m)(\tau+n)}\,.$$

Deren Werth hat sich also durch die vorstehende Entwickelung als übereinstimmend mit demjenigen der obigen Reihe:

$$(\mathfrak{C})\qquad 2\varepsilon\pi i\sum_{m,n} e^{(n\sigma-m\tau)2\pi i}\log\frac{(\sigma_0'+m)v+(\tau_0'+n)w}{(\sigma_0+m)v+(\tau_0+n)w}$$

erwiesen, sowie mit demjenigen des Ausdrucks:

$$2\varepsilon v\pi i\int_{\sigma_0}^{\sigma_0'}\mathrm{Ser}(\sigma v+\tau w,\ \sigma_0 v+\tau_0' w,\ v,\ w)\,d\sigma_0+2\varepsilon w\pi i\int_{\tau_0}^{\tau_0'}\mathrm{Ser}(\sigma v+\tau w,\ \sigma_0 v+\tau_0 w,\ v,\ w)\,d\tau_0,$$

in welchem die Reihen unter den Integralzeichen in der bei ($\mathfrak{M}$) im vorigen Abschnitte angegebenen Weise durch $\mathfrak{S}$-Functionen dargestellt werden können.

Es ist noch hervorzuheben, dass der Werth der Reihe ($\mathfrak{F}$), wenn man unter dem Summenzeichen den Factor $\frac{(\sigma+m)v-(\tau+n)w}{(\sigma+m)v+(\tau+n)w}$ weg-

lässt, gleich Null wird, und dass demnach die Werthe der beiden Reihen:

$$(\mathfrak{F}') \qquad v \sum_{m,n} \frac{e^{((\tau+n)\sigma_0' - (\sigma+m)\tau_0')2\pi i} - e^{((\tau+n)\sigma_0 - (\sigma+m)\tau_0)2\pi i}}{(\tau+n)\big((\sigma+m)v + (\tau+n)w\big)},$$

$$(\mathfrak{F}'') \qquad -w \sum_{m,n} \frac{e^{((\tau+n)\sigma_0' - (\sigma+m)\tau_0')2\pi i} - e^{((\tau+n)\sigma_0 - (\sigma+m)\tau_0)2\pi i}}{(\sigma+m)\big((\sigma+m)v + (\tau+n)w\big)},$$

mit demjenigen der Reihe $(\mathfrak{F})$ übereinstimmen.

(Fortsetzung folgt.)

Untersuchungen über die sogenannten leuchtenden Wolken.

Von O. Jesse
in Steglitz.

(Vorgelegt von Hrn. von Bezold.)

Hierzu Taf. VII.

In aller Kürze erlaube ich mir zunächst in Erinnerung zu bringen, dass seit dem Jahre 1885, in offenbarem Anschlusse an diejenigen Erscheinungen, welche auf den grossen vulcanischen Ausbruch in der Sundastrasse folgten, in den Sommernächten sowohl der nördlichen als der südlichen Erdhalbkugel eigenthümliche Wolkengebilde wahrgenommen worden sind, deren grosse Helligkeit in Verbindung mit dem jeweiligen Stande der Sonne unter dem Horizonte darauf hindeutete, dass sie sich in sehr grossen Höhen über der Erdoberfläche befanden, somit wahrscheinlich die letzten, in die grössten Höhen emporschleuderten, und dort mitten in den Sommernächten noch von directem Sonnenlichte erhellten Auswurfproducte jener Katastrophe darstellten.

Ausserdem war aber aus den zeitlichen Umständen, unter welchen diese Wolkenerscheinungen wiederkehrten, der sichere Schluss zu ziehen, dass die Stoffe, aus denen sie bestanden, über denjenigen Theilen der Erdoberfläche, über denen sie im Lichte der unter dem Horizont stehenden Sonne erblickt wurden, nicht zu allen Jahreszeiten in derselben Menge und Verdichtung vorhanden waren, sondern dass sie sich periodisch über derjenigen gemässigten und derjenigen Polarzone der Erde, welche gerade Sommer hatten, ansammelten.

Man muss hiernach annehmen, dass in den grossen Höhen, in denen diese Wolken sich bewegten, eine besondere Art von Circulationsprocess stattfindet, welcher uns jetzt zum ersten Mal durch die jährliche Wanderung jener das Sonnenlicht stark refle[illegible]nsten Theilchen erkennbar gemacht wird.

Endlich bot auch die mehrjährige Dauer des Schwebens jener Stofftheilchen in so dünnen Atmosphaerenschichten, nämlich in einem die Höhen der Cirrus- oder Eiskrystall-Wolken weit übertreffenden Abstande von der Erdoberfläche, ein interessantes Problem, welches der von Jahr zu Jahr zu wiederholenden Messung der Höhen der leuchtenden Wolken an und für sich schon eine bedeutende Wichtigkeit verlieh.

Die ersten in den Jahren 1885 und 1886 von mir ausgeführten Messungen dieser Abstände hatten lediglich in einer Ermittelung der Beziehungen bestanden, welche zwischen dem Scheitelabstande der Beleuchtungsgrenze dieser Wolken und dem Scheitelabstande der unter dem Horizonte befindlichen Sonne stattfanden. Sie beruhten also auf der damals noch willkürlichen aber in den folgenden Jahren durch genaue trigonometrische Höhenbestimmungen der Wolken bewiesenen Annahme, dass dieselben in directem Sonnenlichte leuchteten. Damals ergaben sich Abstände von der Erdoberfläche im Betrage von 50 bis 60^{km}. Eine im Jahre 1887 von mir veranlasste photographische Aufnahme jener Wolken von zwei etwa 30^{km} von einander abstehenden Standpunkten ergab eine Höhe von etwa 75^{km}, während aus der in demselben Sommer von Hrn. Professor Ceraski in Moskau geleiteten Beobachtungsreihe, bestehend in gleichzeitigen Messungen der Örter, welche die Wolkenumrisse von verschiedenen, mehrere Kilometer von einander entfernten Beobachtern gesehen am Himmel einnahmen, im Durchschnitt ein Höhenbetrag von 66^{km} gefunden wurde.

Ich will diesen Zahlenangaben sogleich die weiter unten näher zu belegende Mittheilung anreihen, dass die im Jahre 1889 von mir und unter meiner Leitung ausgeführten photographischen Aufnahmen der Wolken in Steglitz, Nauen und Rathenow mit grosser Sicherheit einen mittleren Werth des Abstandes der Wolken von der Erdoberfläche im Betrage von rund 83^{km} ergeben haben.

Es würde verfrüht sein, aus der Stufenfolge dieser Resultate jetzt schon den Schluss zu ziehen, dass der Abstand der leuchtenden Wolken von der Erdoberfläche in den letzten fünf Jahren gewachsen sei; denn die älteren Bestimmungen vor 1889 haben bei weitem nicht die Genauigkeit, welche in letzterem Jahre erreicht worden ist. Jedoch kann man mit ausreichender Sicherheit aus den vorstehenden Angaben entnehmen, dass sich der Abstand der Wolken von der Erdoberfläche keinesfalls in irgend erheblichem Grade vermindert hat, was an sich schon ein bedeutsames Ergebniss ist und dafür zu sprechen scheint, dass in jenen Höhen gewisse, das anhaltende Schweben kleinster Stofftheilchen unterstützende Gegenwirkungen gegen die Schwere stattfinden.

Bevor ich dieser einleitenden Erörterung nun die näheren Angaben über die Resultate unserer Bestimmungen der Örter sowie der Geschwindigkeiten und Richtungen der Ortsveränderungen der von uns im Jahre 1889 beobachteten leuchtenden Wolken folgen lasse, will ich noch in Kürze bemerken, dass die anhaltenden nächtlichen Beobachtungsreihen des vorigen Jahres und auch des gegenwärtigen Sommers, in welchem wiederum sehr reiche und günstige, aber noch der Messung und Berechnung harrende photographische Aufnahmen der Wolken gelungen sind, auch noch einen Zug der Erscheinung etwas deutlicher haben hervortreten lassen, welcher von ansehnlichem geographischem und astronomischem Interesse sein dürfte. Es hat sich nämlich fast ausnahmslos ergeben, dass die Helligkeit jener Gebilde allnächtlich eine bedeutende Zunahme nach den Morgenstunden hin erfahren hat.

Es liegt nahe, dabei an die entsprechende Erscheinung in dem Gebiete der Häufigkeit und Intensität der Sternschnuppenerscheinungen zu denken, bei denen man die ähnliche Wahrnehmung mit vollständiger Evidenz dadurch erklärt hat, dass die betreffenden Himmelsflächen sich in den Morgenstunden bei der Bewegung der Erde um die Sonne an der vorderen Seite unseres Fahrzeuges befinden, somit allen jenen Gegenwirkungen, welche sich aus dem Himmelsraum am unmittelbarsten in den höchsten Atmosphaerenschichten der schnellen Bewegung der Erde entgegensetzen, am stärksten unterworfen sind.

Die sichersten Ortsbestimmungen und Bewegungsmessungen der Wolken sind aus den in genau verabredeten Zeitpunkten gleichzeitig ausgeführten photographischen Aufnahmen in Steglitz und in Nauen hervorgegangen. An ersterem Orte wurden dieselben von mir, an letzterem von unserem freiwilligen Mitarbeiter, Hrn. Uhrmacher C. F. W. Baeker ausgeführt. Zur Durchführung dieser Untersuchung wurden von Seiten der Königlichen Akademie Mittel gewährt, während sie zugleich von der Königlichen Sternwarte, sowie von dem Königlichen Meteorologischen Institut zu Berlin und der Kaiserlichen Seewarte zu Hamburg durch leihweise Überlassung von Instrumenten Unterstützung fand.

Der Abstand des Beobachtungsortes in Nauen von demjenigen in Steglitz beträgt 35^{km} und zwar in der Richtung Westnordwest.

Auf den photographischen Platten bildeten sich ausser den Wolken auch noch die Umrisse einiger benachbarter Häusergiebel u. dergl., sowie in mehreren Fällen helle Fixsterne, nämlich α und β Aurigae, ab. Hierdurch wurde an jeder Beobachtungsstation eine vollständige und übereinstimmende Orientirung des Ortes, welchen die Wolkenumrisse an der Himmelsfläche einnahmen, ermöglicht.

Wenn man sich nun die Lage des Dreiecks vorstellt, dessen Grundlinie die Verbindungslinie von Nauen und Steglitz, dessen Spitze ein bestimmter Punkt der Configuration der ausschliesslich auf der Nordseite des Himmels wahrgenommenen Wolken bildet, so sieht man leicht ein, dass auf der in dem östlich gelegenen Steglitz aufgenommenen Photographie der Himmelsfläche die bezügliche deutlich zu identificirende Stelle der Wolkenumrisse, orientirt gegen die gleichzeitig aufgenommenen Sterne, westlicher liegen muss als auf der in Nauen aufgenommenen Photographie.

Dies ist auf den beiden beispielsweise angefügten Abbildungen Fig. 1 und 2 deutlich zu erkennen. Fig. 1 stellt eine in Steglitz, Fig. 2 eine gleichzeitig in Nauen gemachte Aufnahme dar. Die letztere lässt die beiden Sterne α und β Aurigae, die erstere nur β Aurigae erkennen. Man bemerkt aber sofort, dass die nach der ganzen Structur der Wolke leicht zu identificirenden Punkte derselben auf dem Steglitzer Bilde weiter nach links (westlicher) von β Aurigae abstehen, als auf dem Nauener Bilde.

Könnte man die beiden Aufnahmen so aufeinander legen, dass die beiden Bilder desselben Sternes sich genau decken und ausserdem die Vertical-Richtungen auf beiden Bildern genau parallel wären, so könnte man den Abstand zwischen dem Orte, welchen ein und derselbe Punkt der Wolke in dem einen Bilde einnimmt, von dem Orte, welchen derselbe in dem andern Bilde einnimmt, unmittelbar messen. Alsdann gäbe das Verhältniss dieses Abstandes zu der Brennweite des Linsensystems, mit welcher die Photographie aufgenommen ist, gemäss der besonderen Lage der Standlinie sofort einen ziemlich zutreffenden Näherungswerth für das Verhältniss zwischen der Länge der Standlinie Steglitz-Nauen und dem Abstande der Wolke von dieser Standlinie.

Da die Brennweite der Apparate rund 200^{mm} betragen hat, so würde hiernach eine Verschiebung des einen Wolkenbildes gegen das andere im Betrage von 10^{mm} bedeuten, dass die Wolke um das Zwanzigfache der Länge der Standlinie, also um rund 700^{km} von derselben entfernt war.[1]

In der That haben sich durch genauere Ausmessung der photographischen Aufnahmen und erschöpfende trigonometrische Berechnung dieser Messungen Entfernungen zwischen etwa 500—700^{km} bei den meisten Aufnahmen von 1889 ergeben, d. h. die Wolken befanden sich meistens über der mittleren Ostsee und über dem südlichen Schweden etwas südlich von Stockholm. Mit Hülfe des

[1] Auf der nebenstehenden Tafel sind die Aufnahmen verkleinert.

Scheitelabstandes der Wolken, den man durch die Lage gegen den Stern leicht fand, konnte man sodann aus den Entfernungen die Abstände der Wolken von der Erdoberfläche mit grosser Sicherheit bestimmen, nämlich so, dass die mittlere Unsicherheit einer einzelnen Bestimmung, soweit dieselbe lediglich von den Ausmessungen der photographischen Abbildungen abhängig war, kaum 1—2^{km} übersteigen konnte.

Etwas grösser sind jedoch diese Unsicherheiten dadurch geworden, dass die Wolken sich nicht nur mit grosser Geschwindigkeit bewegen, sondern auch im Einzelnen sehr schnelle Gestaltänderungen erfahren haben. Ich werde weiter unten erweisen, dass in der That Bewegungsgeschwindigkeiten bis zu mehreren hundert Metern in der Secunde vorgekommen sind.

Wenn also die Zeiten der Aufnahme an beiden Stationen um mehr als 2 Secunden verschieden gewesen sind, so hat die aus den Beobachtungen in Nauen und Steglitz abgeleitete Entfernungsbestimmung durch jene schnellen Bewegungen der Wolken unter Umständen bis zu $^1/_{35}$ ihres Betrages, also der Abstand der Wolken von der Erdoberfläche um mehr als 2^{km} verfälscht werden können.

Nun hat sich zwar die Uebereinstimmung der Zeitangaben auf den genannten beiden Stationen bis auf nahezu 1 oder 2 Secunden erreichen lassen, aber eine erhebliche Einschränkung der Genauigkeit hinsichtlich der Gleichzeitigkeit der correspondirenden Aufnahmen ist doch unvermeidlicher Weise dadurch bedingt worden, dass trotz grösstmöglicher Empfindlichkeit der angewandten Platten die Dauer der erforderlichen Belichtung derselben ziemlich gross angenommen werden musste, nämlich bei sehr grosser Nähe der Wolken am Horizonte bis zu 80 Secunden und erst in den grössten vorgekommenen Höhen über dem Horizonte bis zu 14 Secunden. Es ist zwar bei der vorherigen Festsetzung der correspondirenden Aufnahmezeiten mittels einer tabellarischen Beziehung zwischen den Höhen und den Belichtungszeiten der Platten thunlichst dafür gesorgt worden, dass die correspondirenden Zeitpunkte immer auf die Mitte der Belichtungsdauer fielen; indessen ist dies bei der Natur der Sache doch auch nur eine Annäherung an die vollkommene Gleichzeitigkeit der Aufnahmen, die hiernach in manchen Fällen trotz aller Sorgfalt der Zeitbestimmung um mehrere Secunden ungenau gewesen sein kann.

In Folgendem gebe ich nun in Kürze die Hauptresultate, welche aus den Beobachtungen in Nauen und Steglitz im Jahre 1889 für die Abstände der leuchtenden Wolken von der Erdoberfläche gefunden worden sind. Die Zeitangaben sind in mittlerer Zeit der Berliner Sternwarte ausgedrückt.

1.	1889 Juni 12.	$13^h 53^m 0^s$	$90^{km}.0$	aus	13	verschied. Punkten d. Wolken
2.	Juli 2.	13 21 0	$79^{km}.2$	»	16	» » » »
3.		13 39 0	$82^{km}.5$	»	20	» » » »
4.		13 44 0	$79^{km}.7$	»	32	» » » »
5.		14 6 0	$82^{km}.8$	»	12	» » » »
6.	Juli 31.	14 48 0	$82^{km}.4$	»	15	» » » »

Ungef. Durchschnittswerth $82^{km}.8$ aus 108 verschiedenen Gruppen von Messungen.

Die mittleren Abweichungen der Höhen-Ergebnisse für die einzelnen Punkte von jedem der Mittelwerthe für die bezügliche ganze Gruppe erreichen folgende Beträge:

für	die	Gruppe	1	$3^{km}.4$
»	»	»	2	$3^{km}.0$
»	»	»	3	$2^{km}.2$
»	»	»	4	$2^{km}.0$
»	»	»	5	$2^{km}.5$
»	»	»	6	$5^{km}.0$

In diesen Abweichungen hat man ein Zusammenwirken der unvermeidlich gewesenen kleinen Messungsfehler mit wirklichen Verschiedenheiten der Höhen verschiedener Theile der Wolke, sodann aber auch den Einfluss der oben erwähnten Schwierigkeiten zu erkennen, welche der Erreichung der vollen Gleichzeitigkeit der Aufnahmen an den beiden Stationen entgegenstanden.

Offenbar haben nicht nur schnelle Gesammtbewegungen der Wolken, sondern auch verschiedene Geschwindigkeiten und Richtungen der Bewegungen innerhalb derselben, verbunden mit starken Configurationsänderungen, stattgefunden, und hierdurch ist die verfälschende Wirkung kleiner Verschiedenheiten der Aufnahmezeiten auf die Entfernungs- und Höhenbestimmungen eine ziemlich verwickelte geworden.

Charakteristisch hierfür ist eine in obiger Zusammenstellung nicht enthaltene Höhenbestimmung, bei welcher in Steglitz aus Versehen die Aufnahme um 7 Secunden später erfolgt ist, als in Nauen. Im Mittel aus der Messung an 25 Punkten hat sich nämlich am 2. Juli um $13^h 16^m 0^s$ eine Höhe der ganzen Gruppe im Betrage von $90^{km}.2$ ergeben, aber die durchschnittlichen Abweichungen der für die einzelnen Punkte gefundenen Ergebnisse von diesem Mittelwerth sind viel grösser als bei den anderen Reihen, nämlich $9^{km}.5$ statt 2 bis 3^{km}, weil eben bei der verschiedenen Richtung und Geschwindigkeit der

Bewegungen der einzelnen Stellen der sehr ausgedehnten Wolke (diese Ausdehnungen haben sich bis zu mehreren hundert Kilometern erstreckt) die Verspätung der Steglitzer Aufnahme um 7 Secunden die Höhenbestimmung für die verschiedenen Stellen in verschiedener Weise verfälscht hat.

Wie gross die Verschiedenheiten der Höhen innerhalb der Wolken wirklich gewesen sind, lässt sich wohl deutlicher aus den Extremen der innerhalb der einzelnen Gruppen gefundenen Abweichungen von dem Mittelwerthe ersehen, als aus den obigen mittleren Abweichungen der Höhen der einzelnen Punkte.

Betrachten wir hierzu die obigen Messungsreihen 2 bis 5, bei denen offenbar die Genauigkeitsbedingungen der Höhenbestimmung die günstigsten gewesen sind. Nehmen wir für dieselben den Durchschnittswerth der Abweichungen ($2^{km}.5$) als das blosse Ergebniss von Messungsfehlern, also die Mächtigkeit der Wolkenschicht selber, welche wirkliche Höhenunterschiede an verschiedenen Stellen bedingen würde, als sehr gering, etwa nur Bruchtheile eines Kilometers betragend, an, so würden nach der Theorie der zufälligen Fehler unter den 80 einzelnen Punkten, auf die sich die Messungen in jenen Reihen bezogen haben, solche Unterschiede der Höhenbestimmungen, welche mehr als das Dreifache und weniger als das Vierfache jenes Durchschnittswerthes betragen, in einem Falle zu erwarten gewesen sein, während in Wirklichkeit zwei solcher Fälle sich vorfinden. Zwischen dem Zweifachen und dem Dreifachen jenes Durchschnittswerthes wären nach der Theorie der Messungsfehler unter 80 Abweichungen 6 zu erwarten gewesen, während die Abzählung 5 solcher Fälle liefert.

Keinesfalls hat also die Mächtigkeit der Wolkenschicht in verticalem Sinne mehr als einige Kilometer betragen, denn sonst müssten die grösseren Werthe der Höhenverschiedenheiten an den verschiedenen Stellen des Gebildes viel zahlreicher gewesen sein, als aus obigen Abzählungen hervorgeht. Die letzteren deuten vielmehr darauf hin, dass die bezüglichen Abweichungen überwiegend aus den unvermeidlichen Messungsfehlern hervorgegangen sind.

Die in den obigen Darlegungen noch nicht berührten photographischen Aufnahmen in Rathenow werden zwar für manche, noch vorzubehaltende Detail-Untersuchungen von bedeutendem Werthe sein. Für die Höhen- und Ortsbestimmungen sind sie jedoch von geringerem Gewicht, weil leider das in Rathenow benutzte Chronometer keinen genügend regelmässigen Gang gehabt hat. Die Gleichzeitigkeit der Aufnahmen mit denjenigen in Steglitz und Nauen lässt in Folge dessen besonders gegen Ende Juli 1889 sehr viel zu wünschen übrig, und es ist oben näher erörtert worden, von welchem verfälschenden Ein-

Es ist hierbei noch darauf hinzuweisen, dass die erwähnte Steglitzer Aufnahme gleichzeitig ist mit der in Fig. 1 dargestellten Steglitzer Aufnahme. Die beiden Bilder, von denen hier leider nur das eine wiedergegeben werden kann, schliessen sich derartig aneinander an, dass Fig. 1 die Fortsetzung von dem hier fehlenden nach rechts gibt. Da durch diese Ergänzung das Bild beinahe die doppelte Länge erhalten würde, so sieht man, welche gewaltige Ausdehnung die sichtbare Wolkenfläche in diesem Zeitpunkte gehabt hat.

Die Ergebnisse hinsichtlich der Geschwindigkeiten und Richtungen der Wolkenbewegungen sind in folgender Zusammenstellung enthalten.

Am 2. Juli 1889 zwischen $13^h\ 16^m\ 0^s$ und $13^h\ 21^m\ 0^s$ betrugen die Geschwindigkeits-Componenten im Mittel aus Messungen an 3 Stellen der Wolke

	im Sinne einer Bewegung von Ost nach West in einer Secunde	im Sinne einer Bewegung von Nord nach Süd in einer Secunde
nach der Aufnahme in Steglitz . .	119^m	283^m
nach der Aufnahme in Nauen . .	109^m	289^m

Die resultirende Geschwindigkeit betrug hiernach

308^m

und zwar in der Richtung nach Süd-Süd-West

(22° Süd zu West).

Die innere Übereinstimmung der in diesem Mittelwerthe zusammengezogenen drei Einzelergebnisse lässt hier zu wünschen. Für einen einzelnen Punkt beträgt hier nämlich die durchschnittliche Abweichung vom Mittel bei den Componenten Ost-West 50^m, bei den Componenten Nord-Süd, welche ja auch nach den obigen Erläuterungen erheblich unsicherer bestimmt wurden, als die Componenten von Ost nach West, 120^m. Es werden aber offenbar auch Verschiedenheiten der Bewegungen an den verschiedenen Stellen der sehr ausgedehnten Wolke bei jenen Abweichungen im Mittelwerth erheblich mitgewirkt haben.

Übereinstimmender unter einander sind die Ergebnisse in der folgenden aus den Steglitzer Aufnahmen abgeleiteten Reihe, bei welcher ich die Messungsergebnisse für die Bewegungen der sechs einzelnen Punkte hinsetze:

aus den Bewegungen vom 2. Juli 1889. $13^h 39^m 0^s$ bis $13^h 44^m 0^s$	Geschwindigkeits-Componenten von Ost nach West in einer Secunde	Geschwindigkeits-Componenten von Nord nach Süd in einer Secunde
Punkt 1	74^m	4^m
2	86^m	156^m
3	121^m	37^m
4	121^m	46^m
5	122^m	62^m
6	122^m	11^m
	Mittel 109^m	Mittel 53^m

Die Resultante beträgt hiernach 121^m in der Secunde in der Richtung nach West-Süd-West (68° Süd zu West).

Bemerkenswerth ist hier die sehr nahe Übereinstimmung der Ost-West-Componenten mit dem Ergebnisse der ersten Reihe für dieselbe Componente, aber die Bewegung von Nord nach Süd ist hier viel geringer als bei der anderen Wolke, die an einer mehr östlichen Stelle des Himmels beobachtet wurde.

Die durchschnittliche Abweichung der einzelnen Werthe von dem Mittelwerthe der Gruppe beträgt in der vorstehenden Reihe bei der Componente Ost-West 18^m, bei Nord-Süd dagegen 37^m.

Da nach der obigen Darlegung die Componente Nord-Süd bei diesen Aufnahmen etwa 5 mal stärkere Einflüsse der Messungsfehler erfahren musste, als die Componente Ost-West, während in den beiden obigen Reihen die durchschnittlichen Abweichungen bei der Componente Nord-Süd nur weniges mehr als 2 mal so gross gefunden wurden, als bei der Componente Ost-West, so kann man den Schluss ziehen, dass bei allen diesen Abweichungen nur ein Theil auf die Messungsfehler, ein anderer und wohl grösserer Theil auf die wirklichen Unterschiede der Geschwindigkeiten und Richtungen an verschiedenen Stellen der Wolken zurückzuführen ist.

Jedenfalls sind durch die obigen beiden Reihen sehr bedeutende Geschwindigkeiten, welche die grössten Sturmgeschwindigkeiten in der Nähe der Erdoberfläche weit übersteigen, in Höhen von 83^{km} nachgewiesen.

Von den besonderen Ergebnissen beider Reihen weicht indessen eine dritte vom 9. Juli 1889 von $13^h 51^m 0^s$ bis $13^h 56^m 0^s$ in Steglitz erlangte Bestimmung ab, welche folgende Geschwindigkeiten pro Secunde, allerdings nur aus Messungen an 2 verschiedenen Stellen einer Wolke ergibt:

	von West nach Ost	von Süd nach Nord
	36^m	26^m
	48	52
Mittel	42^m	39^m

Resultante 57^m nach Nord-Ost.

An diesem Tage war übrigens der allgemeine Circulationszustand am Boden des Luftmeeres auch wesentlich anders als am 2. Juli.

Über alle diese wichtigen Beziehungen werden hoffentlich die zahlreichen Aufnahmen, welche im gegenwärtigen Sommer erlangt worden sind, näheren Aufschluss geben.

Noch einige Worte möchte ich über Beziehungen zwischen den Bewegungen und den Structuren der Wolken hinzufügen.

Es zeigt sich nämlich in der Anordnung der einzelnen Theile der Wolken gegen die Bewegungsrichtung eine besondere Eigenthümlichkeit. Indem ich mir hierüber spätere eingehendere Mittheilungen vorbehalte, möchte ich für jetzt nur andeuten, dass besonders bei den sehr grossen Bewegungen die Streifen in der Weise angeordnet erscheinen, dass längere einander parallele Grate in der Richtung der Bewegung liegen, während rechtwinklig dazu eine grössere Anzahl kürzerer Rippen auftreten. Eine Anschauung von rudimentärer Structur dieser Art geben auch die Fig. 1 und 2.

Zum Schluss wäre noch zu bemerken, dass obige Geschwindigkeiten und Bewegungsrichtungen der Wolken die Frage nahe legen, weshalb diese in den letzten Jahren bei uns immer nur in Entfernungen von einigen hundert Kilometern und niemals, wie in den Jahren 1885 bis 1887, in grösserer Nähe über uns wahrnehmbar gewesen sind. Bei den von mir nachgewiesenen Geschwindigkeiten und Richtungen würden diese Wolken ja in wenigen Stunden von Stockholm bis über Berlin gelangt sein.

Offenbar hängt es aber mit der in den letzten Jahren eingetretenen bedeutenden Abnahme der Dichte und mit der entsprechenden Abnahme der Helligkeit der Wolken zusammen, dass sie jetzt nur in einer gewissen Form und unter gewissen Winkeln der Seh-Richtung mit ihrer Höhen-Ausdehnung deutlich wahrnehmbar sind. Die Entfernung beziehungsweise der Winkel der Seh-Richtung mit der Wolkenfläche und mit der Richtung der Sonnenstrahlen sind offenbar für das intensivere Hervortreten der Erscheinung von so wesentlicher Bedeutung, dass in grösserer Nähe der Anblick zerfliesst.

Wahrscheinlich befinden sich diese dünnen Schleier in den Sommermonaten auch über uns, bewirken aber dort nur Reflections-, Diffractions- und Absorptions-Erscheinungen von ganz undeutlicher diffuser Art.

Indessen sprechen doch auch einige Anzeichen dafür, dass über den höheren Breiten eine Art von dichterer Coagulirung dieser Schichten eintritt, wofür ja Erklärungen nahe liegen.

Wären übrigens die betreffenden Massentheilchen auch in andern Jahreszeiten als in den Sommermonaten über unserer H [illegible] -or-

handen, dann müssten sich in diesen Jahreszeiten ähnliche Fern-Erscheinungen, wie jetzt am Nord-Himmel sichtbar sind, in andern Himmelsgegenden, nämlich am Abend auf der West- bis Südwest-Seite, am Morgen auf der Ost- bis Südost-Seite darbieten und zwar bei der grossen Ausdehnung der Wolken jedesmal auch für längere Zeiträume, wovon aber gar nichts wahrgenommen worden ist.

In dem gegenwärtigen Sommer sind die leuchtenden Wolken wiederholt und gleichzeitig an den Orten Steglitz, Sternwarte Urania-Berlin, Nauen und Rathenow photographisch aufgenommen worden, und es steht zu erwarten, dass diese Aufnahmen sowohl in Bezug auf die Höhe als auch auf die Bewegungselemente und ferner in Bezug auf die Structurverhältnisse und die Beziehung derselben zu den Bewegungen eine gute Ausbeute gewähren werden.

Über Schutzmittel des Laubes gegen Transpiration, besonders in der Flora Java's.

Von Prof. A. F. W. Schimper
in Bonn.

(Vorgelegt von Hrn. Pringsheim.)

Einleitung.

Bekanntlich schützen sich die Pflanzen trockener Standorte gegen die Gefahr zu grossen Wasserverlustes durch verschiedene Vorrichtungen, z. B. Reduction der Oberfläche und des Intercellularsystems, Wachs- und Harzüberzüge, starke Behaarung, Vertiefung der Spaltöffnungen, dicke Cuticula, Wasserspeicher u. s. w. Solche Schutzmittel befinden sich natürlich stark ausgeprägt bei Wüsten- und Steppenpflanzen, aber auch, in Folge der Eigenschaften des Substrats, bei den Epiphyten der feuchten tropischen Wälder.

Vorrichtungen, die auf erschwerte Wasserversorgung deuten, kommen jedoch ebenfalls bei Pflanzen mancher Standorte vor, wo sie weder durch Wasserarmuth des Substrats, noch durch Vererbung erklärt werden können. Wir stehen in solchen Fällen vor einem Räthsel, dessen Lösung für die Frage der Beziehungen zwischen der Structur der Pflanze und den äusseren Bedingungen von Bedeutung ist.

Meine Untersuchungen haben ergeben, dass in allen Fällen, wo im Bau der Pflanze Schutzmittel gegen Transpiration ausgebildet sind, ein Bedürfniss zu solchem Schutze wirklich vorliegt, dass es aber durch sehr ungleiche Ursachen bedingt sein kann. Wir finden nämlich solche Schutzmittel ganz allgemein bei den Halophyten, den alpinen Gewächsen, und, in den kälteren temperirten Zonen, den immergrünen Holzpflanzen.

Die Betrachtung der Halophyten und alpinen Gewächse wird hauptsächlich an der Flora Java's stattfinden, wo die Existenzbedingungen, deren Einfluss auf die Pflanze studirt werden soll, weniger complex sind, als bei uns, und wo ich sie an Ort und Stelle studirt habe. Die zu der dritten Gruppe gehörigen Fälle werde ich zum Schluss in aller Kürze zusammenstellen.

I. Die Strandgewächse.

Culturversuche mit Salzlösungen sind bekanntlich zu wiederholten Malen angestellt worden, um den Einfluss der letzteren auf den Stoffwechsel, oder auf die Ausbildung der Organe zu studiren. Bisher ist aber nie der Versuch gemacht worden, die Ergebnisse der morphologischen Untersuchungen durch diejenigen der ernährungsphysiologischen zu erklären.

Von den Untersuchungen über den Einfluss von Salzlösungen auf den Stoffwechsel interessiren uns an dieser Stelle nur die auf die Transpiration bezüglichen, und unter diesen nur die Ergebnisse concentrirterer Lösungen. Es stellte sich dabei heraus, dass einfache Lösungen schon bei 0.5 Procent, gemischte Lösungen aber in jedem Verhältniss, die Transpiration beeinträchtigen, und dass diese hemmende Wirkung mit der Concentration steigt. Die Erklärung der letzteren Erscheinung ist leicht zu haben; wie es PFEFFER sagt, wird durch »zu hohe Concentration einer Lösung in jedem Falle die Transpiration herabgedrückt, weil durch dieselbe, so gut wie durch einen relativ wasserarmen Boden, die Wasserversorgung erschwert wird«.[1]

Aus meinen in den Sommermonaten der letzten drei Jahre ausgeführten Culturversuchen mit Lösungen von Chlornatrium, von Salpeter und von gemischten Nährsalzen ergab sich ein Einfluss der Concentration der Salze auf den Stoffwechsel, der bisher nicht bekannt, für die uns hier interessirende Frage von Wichtigkeit ist. Es stellte sich heraus, dass concentrirtere Lösungen, die von der Pflanze sonst noch gut ertragen werden, die Assimilation des Kohlenstoffs ganz verhindern oder stark beeinträchtigen, derart, dass die Pflanze keine oder beinahe keine Stärke oder Glycose mehr erzeugt. Bei weitem die intensivsten Wirkungen wurden mit Chlornatrium erzielt. Maispflanzen wurden in einer normalen Nährlösung mit und ohne einen Zusatz von 0.5 Procent Kochsalz cultivirt. Die ersteren entwickelten sich nicht mehr als in destillirtem Wasser, blieben aber während der ganzen Dauer des Versuchs, nämlich zwei Monate, gesund; die Pflanzen, die in der gleichen Lösung, aber ohne Kochsalz cultivirt wurden, erreichten mächtige Dimensionen. Die Untersuchung ergab, dass die Kochsalzpflanzen weder Stärke noch Glycose enthielten, während die normal gewachsenen von beiden Stoffen strotzten. Ein ähnlicher, aber weniger ausgesprochener Unterschied zeigte sich bei Maispflanzen, die mit den gleichen Nährsalzen, in gleichem Verhältniss, aber in ungleicher Concentration der Lösung

[1] PFEFFER, Pflanzenphysiologie I. S. 151.

cultivirt wurden.[1] In diesem Falle wuchsen im Anfang sämmtliche Pflanzen gleich schnell, später aber blieben die in der concentrirten Lösung befindlichen mehr und mehr zurück; die Untersuchung ergab, dass diese nur im Stengel und dem Mittelnerv der Blätter etwas Stärke und Glycose enthielten, während die normalen Pflanzen auch im Mesophyll daran reich waren.

Zu ganz ähnlichen Resultaten, wie beim Mais, führten Wasserculturversuche von *Tradescantia Selloi*, Topfculturen von *Iresine Herbstii* (*Achyranthes Verschaffelti hort.*), *Coleus Verschaffelti*, *Lepidium sativum*, *Malcolmia maritima*, *Datura Metel*, *Stellaria media*. Die Pflanzen zeigten, je nach der Art, Verschiedenheiten, in Bezug auf den Grad der Concentration, der auf die Assimilation wirkte oder noch ertragen wurde. Begiessen mit 2-procentiger Kochsalzlösung wurde von *Lepidium sativum* noch gut ertragen, verhinderte aber die Glycosebildung gänzlich; Stärke wird hier im Mesophyll nicht, sondern nur in der Stärkescheide erzeugt. *Datura Metel* blieb bei Begiessung mit 3-procentiger Kalisalpeterlösung über einen Monat anscheinend ganz gesund, wuchs aber nicht mehr, und erzeugte weder Stärke noch Zucker. Die anderen Pflanzen zeigten ganz ähnliche Erscheinungen schon bei geringerer Concentration und giengen bei höherer zu Grunde.

Schutzmittel gegen Transpiration sind daher für die Halophyten, ebenso wie für die Bewohner trockener Standorte, eine Lebensbedingung, und zwar:

1. wegen der erschwerten Wasserversorgung in Folge des hohen Salzgehalts des Substrats,

2. weil concentrirtere Salzlösungen in den grünen Zellen die Assimilation verhindern,

3. weil noch concentrirtere Lösungen den Tod der Organe herbeiführen.

Welcher dieser Ursachen die grösste Bedeutung zuzuschreiben ist, dürfte je nach der Pflanzenart wechseln. Diejenigen zahlreichen Arten, die in ihren sämmtlichen Geweben reichliche Salzmengen aufspeichern, werden weniger Schwierigkeit haben, Wasser aus dem Boden zu schöpfen, laufen aber die Gefahr, dass bei starker Transpiration die Concentration der Salzlösungen in ihren Zellen eine schädliche werde. Diejenigen Arten hingegen, die, wie *Calophyllum inophyllum* auf Java, wenig Salz in ihrem Laube aufspeichern, werden häufig unter erschwerter Wasseraufnahme zu leiden haben.

---

[1] Die concentrirte Lösung enthielt in 600 H_2O : 4 $NO_3\dot{K}$, 4 N_2O_6Ca, 1.5 SO_4Mg, 1.5 PO_4K_3. Die verdünnte normale Lösung wurde hergestellt durch Mischen von 1 Vol. der concentrirten Lösung mit 4 Vol. Wasser.

und mehr vor den an Nebel gebundenen Orchideen und Farnen zurück; schliesslich sind beinahe nur noch Moose und Flechten, allerdings in erstaunlicher Üppigkeit, als Vertreter der atmosphaerischen Flora vorhanden.

Im Schatten der Bäume wachsen grossblätterige Kräuter, namentlich Scitamineen und reichbelaubte, zarte Acanthaceen (Arten von *Strobilanthes*) mit ganz dünnen Blättern und auffallend schwachem Wurzelsystem.

Hat man die obere Grenze der Nebelregion überschritten, so tritt man in kurzer Zeit aus einer Vegetation von ausgeprägt hygrophilem Charakter in eine solche, wo letzterer ebenso ausgesprochen xerophil ist.

Die Bäume sind, oberhalb der Nebelregion, niedrig und massiv; die Holzbildung ist stark, das Laub tritt zurück. Stämme und Äste sind knorrig, unregelmässig gewunden, wie beim Krummholz unserer Alpen, wie bei *Juniperus phoenicea* in den trockenen Thälern des Atlas, wie bei zahlreichen Holzgewächsen auf dem Strande tropischer Länder. Arten von *Rhododendron* und *Agapetes*, die bisher nur als Epiphyten auf Bäumen wuchsen, geben die atmosphaerische Lebensweise auf und wachsen massenhaft auf dem Boden. Auf den Baumästen sind beinahe nur noch Moose und Flechten vorhanden. Aus diesen Wäldern geräth man schliesslich in niedere, holzreiche Gebüsche, die mit kleinen Matten zusammen die Gipfel überziehen.

Diese letztere Formation, die man als diejenige der alpinen Savanne bezeichen kann, und die sich bei etwa 8000[F] einstellt, weicht in ihrem physiognomischen Charakter noch mehr von der tieferen ab, als die alpine Region unserer Hochgebirge von den Waldregionen, und doch ist auf jenen Gipfeln Java's der Schnee unbekannt, die Temperatur für die Vegetation das ganze Jahr hindurch günstig; höchstens kommen hie und da leichte Nachtfröste vor. Nicht der niederen Temperatur verdankt diese alpine Flora ihr höchst eigenartiges Gepräge, sondern den Schutzmitteln gegen Transpiration. Man glaubt sich beinahe in die Maquis der Mittelmeerländer versetzt. Wie in diesen, ist der Habitus von Arten aus ganz verschiedenen Familien ein gleichartiger. Die Blätter sind klein, lederartig, aufrecht, zuweilen dicht wollig behaart; Stämme und Äste sind relativ stark entwickelt, dicht und unregelmässig oder schirmartig verzweigt. Was die systematische Zusammensetzung der Formation betrifft, so sei an dieser Stelle nur erwähnt, dass Ericaceen das vorherrschende Element bilden; sie gehören den Gattungen *Agapetes*, *Gaultheria* und *Rhododendron* an. Unter den übrigen Holzgewächsen fallen durch ihre Häufigkeit und ihren eigenthümlichen

Habitus besonders auf die wollig behaarte *Antennaria javanica* und die schirmförmigen Bäumchen vom *Leptospermum javanicum.* Ihre näheren Verwandten haben diese alpinen Gewächse theils in den Epiphyten der unteren Regionen, mit welchen mehrere der hier auf dem Boden lebenden Arten identisch sind, theils im Himalaya, *Leptospermum* aber in Australien. Dass die in den feuchten Wäldern nur als Epiphyten gedeihenden Gewächse in der alpinen Region ebenso ausschliessliche Bodenpflanzen werden, eine Erscheinung, die ich auch in den Bergen Brasiliens beobachtete, ist vollkommen begreiflich, da dieselben, entsprechend der Beschaffenheit des Substrats, Schutzmittel gegen Transpiration besitzen.[1] Wie in den meisten sehr trockenen Gebieten tragen in der alpinen Region Java's die Baumäste eine nur spärliche, hauptsächlich aus Flechten bestehende, epiphytische Flora, und die Lianen sind auf ganz kleine, den unseren habituell ähnliche Formen beschränkt.

Noch weit mehr xerophil ist der Charakter der Hochgebirgsvegetation im trockenen Ostjava. Der feuchte Wald geht hier weit weniger hoch als im Westen. Schon bei 6500^F tritt man in die Casuarinaregion ein und glaubt sich in einen europäischen lockeren Nadelholzwald versetzt. Bei ungefähr 8000^F nimmt dieser Laubwald Krummholzcharakter an; die Stämme werden niedriger; die Äste schlangenförmig, die Kronen schirmartig. Die geringe Entwickelung des Laubes im Verhältniss zum Holze ist besonders auffallend. Auch die Casuarinien werden niedrig, ohne jedoch Krummholzcharakter anzunehmen.

Plötzlich hört der Baumwuchs ganz auf. Man tritt in eine Wiesenformation von steppenartigem Charakter ein. Durch breite Zwischenräume getrennt erheben sich die dichten, schmalblätterigen Büschel eines Grases *(Festuca nubigena)*, der Boden dazwischen ist zum grössten Theile nackt. Nur spärlich wuchern auf demselben meist kleine Pflanzen mit mächtigen Rhizomen oder Wurzeln und dicken Blättern, namentlich alpine Formen der in den tieferen Regionen weit grösseren *Pimpinella Pruatjan* und *Alchemilla villosa*, kleine Veilchen, oder ein strauchiges *Hypericum*, dessen grosse gelbe Blüthen die einzige Zierde der Formation bilden. Das grösste Interesse beanspruchen aber zwei Arten von australischen Formenkreisen, nämlich *Leucopogon javanicus* und *Coprosma sundana.* Erstere ist ein kleiner kriechender Strauch mit spitzen, harten Blättern, der auch auf den benachbarten Vulcanen vorkommt, und auf dem Widodarén den Boden zwischen den Grasbüscheln stellenweise ganz bedeckt. Die zweite Art, eine dickblätterige *Rubiacee* mit auffallend langen Staubgefässen,

[1] Vergl. darüber meine Monographie der epiphytischen Vegetation A[illegible]

scheint, soweit bekannt, auf der ganzen Welt nirgendwo anders, als auf dem höchsten Gipfel des Widodarén vorzukommen.

Der xerophile Charakter der alpinen Flora Java's kommt nicht bloss im physiognomischen Gesammtcharakter der Vegetation, im Vorkommen australischer Formen, in dem beinahe gänzlichen Fehlen der atmosphaerischen Phanerogamen und der Lianen, im Austausch mit der Strand-Flora, im Auftreten sonst epiphytischer Arten als Bodenpflanzen, zum Ausdruck, sondern ist auch in auffallendster Weise in der anatomischen Structur ausgeprägt. Beinahe alle Schutzmittel, die wir für andere Fälle kennen, kommen auch hier zur Verwendung, am wenigsten jedoch Wassergewebe. Succulenten, die in alpinen Floren stellenweise häufig sind, fehlen gänzlich; das gewöhnlichste Schutzmittel ist starke Verdickung und Cuticularisirung der Aussenwand der Epidermis. Dieselben Arten, in tieferen Regionen cultivirt, verlieren sowohl in ihrem Gesammthabitus, als auch im anatomischen Bau den xerophilen Charakter beinahe vollständig. Ich werde an anderer Stelle darauf zurückzukommen haben.

Zu ähnlichen Ergebnissen, wie die Besteigung der Vulkane Java's, führte mich auch diejenige des Pidurutallagalla, des höchsten Berges auf Ceylon, wo der xerophile Charakter der Vegetation sich tiefer einstellt, als in Westjava, ohne jedoch auf dem Gipfel so ausgesprochen zu sein, als in Ostjava. Besonders lehrreich war in gleicher Hinsicht die Besteigung eines nicht genauer gemessenen Gipfels der Serra de Picú, zwischen den Provinzen Rio de Janeiro und Minas Geraes. Hier folgte auf den tropischen Wald, anstatt der *Casuarina*, ein Waldgürtel von *Araucaria brasiliensis*, darauf Krummholz, namentlich von einem *Psidium* gebildet, endlich eine blumenreiche alpine Matte von ausgesprochen xerophilem Charakter, deren Vegetation systematisch und physiognomisch derjenigen der Campos sehr ähnlich sein soll.

Dass wir die Ursache des Aufhörens der Baumvegetation und des xerophilen Charakters jener tropischen alpinen Formationen in ungünstigen Verhältnissen der Wasserversorgung zu suchen haben, kann keinem Zweifel unterliegen. Ebenso ist es klar, dass die Luftverdünnung, direct durch ihren fördernden Einfluss auf die Transpiration und indirect durch die kräftigere Insolation, als die wichtigste Ursache zu betrachten ist. Es kommt aber der Umstand hinzu, dass auf den erwähnten Gipfeln die Niederschläge schwächer sind, die Luft trockener, als in den tiefer gelegenen Bergregionen, jedoch wohl kaum als in der Ebene. Wäre die alpine Region, ähnlich wie die darunter liegende, von Nebel umhüllt, so würde sich eine xerophile Flora nicht entwickelt haben; umgekehrt sehen wir in Ostjava, wo die Nebelbildung meist schwächer ist, die xero-

phile Flora viel tiefer herunterreichen. Genaueres über die Menge der Niederschläge auf den alpinen Höhen Java's ist nicht bekannt. Junghuhn spricht von heiterem Wetter als Regel, ich habe hingegen sowohl auf Java, wie bei zweimaliger Besteigung des Pidurutallagalla, stetigen Regen gehabt, der nur auf dem Pangerango durch heitere, brennend heisse Pausen unterbrochen wurde, während welcher das feuchte Gras auffallend schnell wieder trocken wurde.

Die alpine Flora unserer Gebirge ist, wenn auch unter geringerer Höhe, den gleichen Factoren, wie diejenige Java's, unterworfen. Die Krummholzbildung, die Baumlosigkeit der höchsten Regionen, die geringe Grösse der alpinen Sträucher, die mächtige Wurzelbildung, die Dickblätterigkeit, die Behaarung, werden der niederen Temperatur zugeschrieben, als Schutzmittel gegen Winterkälte und gegen den Druck des Schnees aufgefasst. Sie kehren aber auf Java in ganz ähnlicher Weise wieder, bei einer nahezu constanten Temperatur. Andererseits unterliegt es keinem Zweifel, dass der Charakter unserer alpinen Vegetation ein ganz xerophiles Gepräge trägt, dass die vorhin erwähnten Eigenthümlichkeiten sonst als Folgen erschwerter Wasserversorgung auftreten.

Ich trage daher kein Bedenken, die Eigenthümlichkeiten der europäischen Hochgebirgsfloren ebenso wie diejenigen der javanischen auf die durch Luftverdünnung und stärkere Insolation bedingte grössere Transpiration und die dadurch erschwerte Wasserversorgung zurückzuführen. Auch die Ergebnisse der Cultur von alpinen Gewächsen in der Ebene, wo dieselben ähnliche Veränderungen zeigen, wie Halophyten in gewöhnlichem Boden, sprechen für diese Ansicht. Späteren Untersuchungen mag es indessen überlassen bleiben, zu zeigen, ob auch ein Einfluss der Temperatur bei den biologischen Eigenthümlichkeiten der alpinen Floren temperirter Länder anzunehmen ist.

III. Gegenseitiger Standortswechsel von Halophyten, Epiphyten und alpinen Gewächsen.

Auf die habituelle Ähnlichkeit zwischen alpinen Gewächsen und Halophyten ist schon zu wiederholten Malen aufmerksam gemacht worden, so namentlich für die algierische Flora durch Battandier,[1] welcher das Vorkommen fleischiger oder stark behaarter Gewächse als charakteristisch für den Stand und die höchsten Gipfel des Atlas hervorhebt und erwähnt, dass gewisse ubiquitäre Pflanzen, wie *Poly-*

[1] Quelques mots sur les causes de la localisation des espèces. S. a. au Bulletin de la société botanique de France 1887.

carpon tetraphyllum und *Plantago Coronopus* an beiden Standorten in ganz ähnlicher Weise von der normalen Form abweichen. Diese Ähnlichkeit erstreckt sich aber auch auf die systematische Zusammensetzung der Vegetation; die Strandflora und die alpine Flora des Atlas haben manche Arten gemeinsam, die in den Zwischenregionen vollständig fehlen.

Diese bedeutsame Ähnlichkeit ist nicht auf Algerien beschränkt. So wächst *Erodium maritimum* auf den höchsten Gipfeln Corsica's. *Rhodiola rosea* und *Primula stricta* gedeihen, nach Lecoq, als Halophyten auf dem Strand in Lappland, und Hr. Glaziou sagte mir, dass die Flora des Strandes bei Rio de Janeiro mehrere Arten mit derjenigen der Gipfel der Serra do mår, die in den Zwischenregionen fehlen, gemeinsam hat.

Eine physiognomische und systematische Analogie ist auch in Süd-Asien zwischen der Vegetation des Strandes und derjenigen der höchsten Regionen nachweisbar. Manche Bäume der Katappaformation und sogar der Mangrove ahmen in ihren knorrigen Gestalten, ihren verbogenen, oft auf dem Boden kriechenden Ästen, die Formen des Krummholzes nach, so auf Java und Singapore *Lumnitzera coccinea*, die mit dem alpinen *Leptospermum javanicum* habituell vergleichbar ist, *Scaevola Koenigii*, *Paritium tiliaceum*, in West-Indien *Coccoloba uvifera*. *Dodonaea viscosa*, eine der gewöhnlichsten Strandpflanzen Java's, zeigt sich in einer mehr grossblüthigen Varietät oberhalb 6000^{F} in Ost-Java plötzlich wieder, und die Gattung *Casuarina* ist auf Java nur durch Bewohner des Strandes und der höheren und höchsten Bergregionen, allerdings durch ungleiche Arten, vertreten.

Eine physiognomische Analogie und ein Austausch des Standortes besteht auch zwischen alpinen Bodenpflanzen und tropischen Epiphyten. Die Arten von Rhododendron, *Agapetes*, die die Bestandtheile der alpinen Gebüsche bilden, kommen in den tieferen Regionen als Epiphyten vor. Das Gleiche habe ich auf den brasilianischen Gebirgen an Arten von *Vriesea* und *Aechmea* constatirt und S. Kurz erwähnt eine ähnliche Erscheinung für die Gebirge von Birmah.[1]

Dass sonst nur epiphytisch lebende Pflanzen als Halophyten auf dem Strande vorkommen, ist eine seltenere Erscheinung. Das auffallendste Beispiel dieser Art bot mir *Ficus diversifolia*, einer der gewöhnlichsten Epiphyten Javas, den ich auf dem Strande bei Singapore zwischen typischen Halophyten massenhaft wachsen sah. Auch Arten von *Platycerium* fand ich hin und wieder als Bodenpflanzen

[1] Preliminary Report on the forest and other vegetation of Pegu. Calcutta 1875 p. 17.

am Meere. Zum grossen Theil gehören die Epiphyten jedoch salzscheuen Familien an (Orchideen, Ericaceen), und der Modus ihrer Verbreitung ist zur Besiedelung des Strandes auch wenig günstig.

Dieser Wechsel des Standorts zwischen den Pflanzen der alpinen Regionen, derjenigen des Strandes und der Epiphyten, der früher räthselhaft erschien, hat für uns nichts unbegreifliches, indem alle diese Gewächse die gemeinsame Eigenthümlichkeit haben, dass an ihren gewöhnlichen Standorten die Verhältnisse der Wasserversorgung ungünstig sind, so dass sie überall wesentlich gleiche Schutzmittel gegen Transpiration erworben haben. Immerhin sind die sonstigen Existenzbedingungen so ungleich, dass der Austausch nicht sehr ergiebig sein konnte. Ganz besonderes Interesse bietet daher das Vorkommen auf Java von salzreichen Stellen in den Bergen, an Orten, die von Epiphyten und Alpenpflanzen leichter erreicht werden können und deren Temperatur weniger von der diesen Gewächsen gewöhnlichen abweicht, als am Meeresrande.

Die vulcanischen Gebirge Java's sind reich an Fumarolen, die entweder aus trockenen, von krystallinischem Schwefel überzogenen Spalten, oder aus kesselförmigen Wasserpfützen, die durch die Gase in heftiger Bewegung unterhalten werden, entweichen. Nach dem Geruch, nach der Natur der Ausscheidungen und Zusammensetzung der Quellen ist zu schliessen, dass diese Dämpfe, wie in anderen Fällen, an Schwefelwasserstoff, schwefliger Säure und Salzsäure reich sind.

Die Umgebung dieser Fumarolen, die meist in Mehrzahl auf beschränktem Raum vereinigt sind, ist keineswegs vegetationslos. Kleine Sträucher und Farne zieren vielfach den Rand der dampfenden Kessel und dichtes Gebüsch überzieht die von den Fumarolen etwas entfernteren Theile der Solfatare. Die ganze im Bereich der sauren Dämpfe und Bäche befindliche Vegetation weicht in ihrer systematischen Zusammensetzung und ihrer Physiognomie ganz wesentlich von dem benachbarten Urwald ab. Im Gegensatz zu letzterem, sowie zu dessen Lichtungen, ist die Flora der Solfataren, auch in den regen- oder nebelreichen Regionen, ganz ausgesprochen xerophil in ihrem Habitus und setzt sich aus Gewächsen zusammen, deren Vorkommen auf erschwerte Wasserversorgung hinweist. Wie in der alpinen Region, finden wir auch in den Solfataren sonst auf Stämmen und Ästen der Bäume wachsende Arten auf dem Boden gedeihend, und diesen sonst epiphytischen Arten beigemengt mehrere rein alpine Formen, die sonst erst oberhalb 8000^F auftreten.

Der Boden der nur etwa 3500^F hohen Solfatare am S.W.-Abhang des Salak, unweit Buitenzorg, ist streckenweise von üppigem

Gebüsch überzogen, dessen höchst merkwürdige Zusammensetzung folgende ist. Die höheren Bäume sind *Elaeocarpus augustifolius*, die sonst nur alpine *Myrsine avenis* und eine kleinblätterige Art der Gattung *Agapetes*, deren zahlreiche schwer zu unterscheidende Formen theils als Epiphyten in der Nebelregion, theils als Bodengewächse auf den höchsten Gipfeln wachsen. Zwischen und unter diesen Bäumchen wächst ein theils manneshohes, theils niedrigeres Unterholz, das vorwiegend aus folgenden Arten besteht: *Ficus (Synoecia) diversifolia*, sonst Epiphyt und Strandhalophyt; *Rhododendron javanicum*, sonst Epiphyt, Bodenpflanze nur in der Krummholzregion und in Solfataren; *Agapetes rosea*, Epiphyt in der Nebelregion, alpine Bodenpflanze; *Medinilla javanica*, eine sonst nur epiphytische Melastomacee; *Tetranthera citrata*, eine sonst alpine Lauracee; *Oleandra nereifolia*, ein halbepiphytisch wachsender Farn. *Sonerila* sp., ein kleines Kraut, ist nebst einigen Farnen und Lycopodien, das einzige Gewächs, das in den Gebüschen der Solfataren ähnlich vorkommt, wie im benachbarten Urwald. Zerstreut ausserhalb des Gebüsches sah ich das sonst beinahe nur alpine *Leptospermum javanicum*, das sonst nur epiphytische *Rhododendron tubiflorum*, die Cyperacee *Gahnia javanica*, die in Solfataren und in der alpinen Region nie fehlt, und einige Farne.

Die Solfatare am Salak liegt noch ganz und gar in einer tropischen Region. In den Solfataren der Nebelregion spielt, der höheren Lage entsprechend, das alpine Element eine wichtigere Rolle, während das epiphytische zurücktritt. So beobachtete ich in der Kawah Manoek, sowie am sauren See Telaga Bodas, die beide zwischen 4000 und 5000[F] liegen, drei der gewöhnlichsten Vertreter der alpinen Flora, die am Salak fehlen, nämlich *Agapetes varingiaefolia* Bl. (*Ag. vulgaris* Jungh. e. p.), *Gaultheria leucocarpa*, und *Rhododendron retusum*, welch' letzteres in der Nebelregion als Epiphyt wächst, auf den alpinen Höhen jedoch nur als Bodenpflanze vorkommt.

Die Untersuchung des anatomischen Baues der Solfatarenpflanzen zeigte, vollständig in Übereinstimmung mit ihrem äusseren Charakter und ihrem sonstigen Vorkommen, das Vorhandensein stark ausgeprägter Schutzmittel gegen Transpiration, wie Wassergewebe (z. B. bei *Medinilla*), doppelte Epidermis (*Ficus diversifolia*), sehr starke Cuticula bei den meisten u. s. w.

Diese Flora von so ausgeprägt xerophilem Charakter wächst in einer regen- und nebelreichen Region, auf nassem Boden, ist von einer durchaus hygrophilen Vegetation umgeben. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass hier, wie in der Mangrove, die chemische Beschaffenheit des Substrats Schutzmittel gegen Transpiration zur Lebensbedingung macht. Dass die aus

dem Boden entweichenden Gase Chloride enthalten, ist nach allen Analogieen und nach der Zusammensetzung der Quellen mit Sicherheit zu schliessen. Es sind aber vorwiegend Sulfate, welche hier die Transpiration beeinflussen und deren Anhäufung in den Blättern schädlich wirken würde. Die nackte Oberfläche des Bodens zeigt sich überall von einem mehligen gelben und weissen Überzug von Schwefel und Schwefelverbindungen bedeckt und bis zu einer gewissen Tiefe von demselben imprägnirt. Dass aus diesen Schwefelverbindungen im Boden Sulfate entstehen, kann keinem Zweifel unterliegen und geht übrigens aus der Zusammensetzung der dampfenden Quellen, die einen bedeutenden Reichthum an Alaun aufweist, mit Sicherheit hervor. Es sind dadurch ganz ähnliche, für stark transpirirende Gewächse ungünstige Bedingungen vorhanden, wie wir sie auch auf dem Strande wiederfinden und wie sie im Laboratorium nach Belieben hergestellt werden können.

Von besonderem Interesse ist in der Flora der Solfataren das Vorkommen von sonst epiphytischen Gewächsen auf nassem, salzreichem Boden, von alpinen Arten in einer feuchtwarmen Gewächshausatmosphaere. Die gemeinsame Eigenthümlichkeit, dass diese beiden Gruppen von Gewächsen, in Folge ihrer gewöhnlichen Lebensweise, Schutzmittel gegen Transpiration besitzen, setzte dieselben in den Stand, den Boden zu colonisiren, dessen ursprüngliche, mit der des benachbarten Waldes jedenfalls übereinstimmende Vegetation durch die Entstehung der Fumarolen vernichtet worden war.[1] Die grosse Entfernung und die Art der Samenverbreitung machte, vielleicht mehr als das Klima, einen Austauch mit der Strandflora beinahe zur Unmöglichkeit. Immerhin deutet das Auftreten von *Ficus diversifolia* als Halophyt auf dem Strand von Singapore und in sämmtlichen Solfataren, als Epiphyt in allen Wäldern, auf eine bedeutsame Analogie in den Existenzbedingungen der Vegetation an scheinbar so ungleichen Standorten.

IV. Immergrüne Holzpflanzen in temperirten Ländern.

Es ist bekannt, dass bei Eintritt der trockenen Jahreszeit in denjenigen tropischen Gegenden, wo dieselbe sehr ausgesprochen ist, viele Holzgewächse, ähnlich wie bei uns im Spätherbst, ihr Laub abwerfen. Diese Analogie ist häufig hervorgehoben worden; es wurde dabei aber bisher, wie ich glaube, übersehen, dass auch der herbst-

[1] Die von dichten, feuchten Urwäldern umgebene Solfatare Kawah Manoek soll erst 1772 nach einer Eruption des benachbarten Pepandajan entstanden sein.

liche Laubfall ein Schutzmittel gegen Wasserverlust darstellt. Ebensowenig, wie zartbelaubte Bäume während der trockenen Jahreszeit, wären die meisten Bäume der kälteren temperirten Zonen im Stande, den durch Transpiration bedingten Wasserverlust während des Winters zu decken, namentlich wenn das Laub durch die Sonne erwärmt, während der Boden in ihrem Schatten noch gefroren sein würde. Dass übrigens die Erkaltung des Bodens nicht bis zum Gefrieren zu gehen braucht, um einen nachtheiligen Einfluss auf die Wasseraufnahme zu üben, ist seit langer Zeit bekannt und leicht, an klaren Herbsttagen, nach kühlen Nächten, an der Erschlaffung der grösseren oder zarteren Blätter vieler Gewächse in jedem Garten festzustellen.

Der Laubfall scheint, sowohl in warmen Klima, als in den tropischen Gebieten mit trockener Periode, mehr an eine bestimmte Jahreszeit, als an einen bestimmten Temperatur- bez. Feuchtigkeitsgrad gebunden zu sein. Dieser Zusammenhang geht aber recht bald verloren, wenn die Ursache, welche denselben hervorgerufen, nicht mehr vorhanden ist. Ein solches Gebundensein an eine bestimmte Jahreszeit fand ich z. B. bei den nordtemperirten Bäumen, die auf den Bergen Java's, namentlich im Versuchsgarten zu Tjibodas, bei nahezu gleichmässig feuchtem und warmem Klima cultivirt werden, gar nicht mehr, sondern die einzelnen Äste und Systeme von Ästen warfen daselbst ihre Blätter und entwickelten neue zu ungleichen Zeiten. So konnte ich zu Tjibodas, am 13. December 1889, bei *Pyrus Malus*, *Pyrus communis*, *Quercus pedunculata*, *Liriodendron Tulipifera*, *Rhus succedanea* u. a., das winterliche, blattlose, das frühjahrliche, das sommerliche und das herbstliche Stadium an den einzelnen Ästen eines und desselben Baumes beobachten.

Die immergrünen Holzgewächse der kalttemperirten Zonen bedürfen offenbar, um den Winter zu überdauern, eben solcher Schutzmittel gegen Transpiration, wie diejenigen der Tropen, um die trockene Jahreszeit zu ertragen. Die Structur des Laubes unserer immergrünen Holzpflanzen zeigt in der That, im hohen Grade der Entwickelung, solche Eigenschaften, wie wir sie auch sonst mit erschwerter Wasserzufuhr verknüpft finden, und zwar in besonders starker Ausbildung bei den Nadelhölzern, aber auch bei Laubhölzern, wie *Ilex aquifolium*, *Buxus sempervirens*, *Hedera Helix* u. s. w.

Bereits Stahl[1] ist es aufgefallen, dass die Blätter immergrüner Holzgewächse auch im Schatten ausgesprochenes Palissadenparenchym besitzen, während solches von ihm sonst nur in der Sonne beobachtet worden war. Er vergleicht namentlich in dieser Hinsicht den schwam-

---

…nfluss des sonnigen oder schattigen Standorts auf die Ausbildung der Laub-…na 1883.

migen Bau der dünnen, im Herbst fallenden Blätter der Heidelbeere, mit den dicken und relativ dicht gebauten der immergrünen Preisselbeere. Diese Ungleichheit im Auftreten des Palissadenparenchyms wird uns ohne weiteres verständlich sein, seitdem wir wissen, dass bei erschwerter Wasserversorgung, ganz abgesehen von der Beleuchtung, starke Entwickelung desselben die Regel ist. Das Gleiche gilt von allen übrigen Unterschieden zwischen den Blättern der Heidel- und der Preisselbeere.

Die derbe Structur des Laubes bei den immergrünen Gewächsen ist bisher, trotz ihrer Übereinstimmung mit derjenigen der Xerophilen, als Schutzmittel gegen Kälte aufgefasst worden. Dass starke Entwickelung der Palissaden in keiner Weise, versenkte Spaltöffnungen und dicke Cuticula höchstens in ganz geringem Grade und sehr kurze Zeit die Temperaturabnahme im Protoplasma verzögern können, ist klar. Übrigens zeigt die Fähigkeit, niedere Temperatur zu ertragen, keinen Zusammenhang mit solchen Schutzmitteln, sondern ist eine in ihren Ursachen ganz unbekannte Eigenschaft des Protoplasma. Die überwinternden, wenig tief wurzelnden Kräuter, die sich in ihren Temperaturschwankungen ähnlich wie der Boden verhalten und daher der Schutzmittel gegen Transpiration nicht bedürfen, sind zum grössten Theile sehr zart gebaut, wie z. B. *Stellaria media, Veronica*-Arten, auch Pilze und Algen.

Die verzögernde Wirkung einer niederen Temperatur des Bodens auf die Wasseraufnahme durch die Pflanze macht es uns z. B. vielleicht auch begreiflich, dass Alpenpflanzen, die im schmelzenden Schnee, wie *Ranunculus glacialis* oder an Gletscherbächen wachsen, wie *Saxifraga aizoides*, den glühenden Strahlen der Alpensonne ausgesetzt, dickblätterig oder gar succulent sind, ähnlich wie die Bewohner trockener Standorte. Auch die Eigenthümlichkeiten der Polargewächse, die so viele Analogie mit denjenigen der Wüstenpflanzen zeigen, dürften auf ähnliche Ursachen zurückzuführen sein. Indessen fehlt es mir hier an eigenen Beobachtungen. Die in diesem Kapitel erwähnten Thatsachen und Vermuthungen sollen überhaupt nur die Aufmerksamkeit auf einen bisher unbeachteten Factor ziehen, der für das Verständniss der biologischen Eigenthümlichkeiten der Floren in kälteren Klimaten unzweifelhaft von Bedeutung ist.

Schluss.

Im Vorhergehenden wurde der Versuch gar nicht gemacht, die Schutzmittel gegen Transpiration physiologisch zu erklären; jeder solcher Versuche wird gegenwärtig nur zu haltlosen Hypothesen führen.

Biologisch, also in ihrer Bedeutung für das Pflanzenleben, sind uns diese Eigenthümlichkeiten vollkommen begreiflich, und es sollte in diesem Aufsatz nur der Nachweis geliefert werden, dass solche Schutzmittel allen Pflanzen zukommen, die dauernd oder periodisch gegen erschwerte Wasserversorgung zu kämpfen haben, möge die Ursache der letzteren in Trockenheit der Atmosphaere und des Bodens, in kräftiger Insolation und Luftverdünnung, in Salzreichthum des Substrats oder zu niederer Temperatur desselben zu suchen sein. Ich hoffe damit den Weg zur Lösung verschiedener pflanzengeographischer Probleme etwas geebnet zu haben. In späteren Arbeiten werde ich diese Ursachen einzeln einer eingehenden Behandlung unterwerfen. Es schien mir jedoch rathsam, den ausführlichen Monographieen, in welchen noch ganz andere Gegenstände zur Besprechung kommen sollen, eine zusammenfassende Erläuterung von Eigenschaften, die verschiedenen biologischen Pflanzengruppen gemeinsam sind, vorauszuschicken, um, z. B. bei der Behandlung der Strandgewächse, die Verhältnisse der Wasserversorgung in der alpinen Region nicht erläutern zu müssen, um den gegenseitigen Austausch zu erklären.

Über orthogonale Systeme.

Von L. Kronecker.

(Fortsetzung der Mittheilung vom 22. Mai [St. XXVI].)

XII.

Für den Bereich ($\mathfrak{R} = 1$), d. h. für den absoluten Rationalitätsbereich der rationalen Zahlen, für welchen sich das Modulsystem ($\mathfrak{M}', \mathfrak{M}'', \ldots$) auf einen einfachen ganzzahligen Modul $\mathfrak{M}$ reducirt, sind nach der vorstehenden Entwickelung alle diejenigen, aber auch nur diejenigen orthogonalen Systeme ganzer Zahlen ($\mathfrak{w}_{ik}$) durch die Cayley'sche Form darstellbar, für welche die Determinante:

$$|\mathfrak{w}_{ik} + \delta_{ik}| \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

modulo $\mathfrak{M}$ ein Divisor von 1 ist; d. h. das Problem der Auffindung ganzzahliger Systeme ($\mathfrak{w}_{ik}$), welche den Congruenzen genügen:

$$\sum_{i=1}^{i=n} \mathfrak{w}_{gi} \mathfrak{w}_{hi} \equiv \delta_{gh} \,(\text{mod.}\, \mathfrak{M}) \qquad (g; h = 1, 2, \ldots n),$$

lässt sich dann und nur dann in der Cayley'schen Weise lösen, wenn die Determinante $|\mathfrak{w}_{ik} + \delta_{ik}|$ relativ prim zu $\mathfrak{M}$ ist. In diesem speciellen Falle ganzzahliger Moduln, und überhaupt für jedes Modulsystem höchster Stufe, steht hiernach die Anzahl der in der Cayley'schen Form nicht darstellbaren orthogonalen Systeme zur Anzahl der darstellbaren in endlichem Verhältniss, und die für die Cayley'sche Darstellungsweise gebotene Beschränkung macht sich somit bei der Ausdehnung auf relativ orthogonale Systeme noch stärker geltend. Dass aber diese Beschränkung nicht in der Natur der orthogonalen Systeme selbst begründet ist, erkennt man z. B. daraus, dass jene der Cayley'schen Darstellungsweise hinderliche Eigenschaft der orthogonalen Systeme bei deren Composition nicht nothwendig erhalten bleibt.

Um dies näher darzulegen, gehe ich auf die im art. VIII enthaltenen Entwickelungen zurück. Es sind dort die sämmtlichen orthogonalen Systeme mit reellen Elementen und der Determinante $+1$ mit ($\zeta_{ik}^{(+)}$) und mit:

$$\tau_{ik} \qquad (1 < i < k \leq n)$$

$\frac{1}{2}n(n-1)$ reelle unabhängige Variable bezeichnet worden, während die den übrigen Indexsystemen i, k entsprechenden Werthe τ_{ik} durch die Gleichungen:

$$\tau_{ik} + \tau_{ki} = 0 \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

bestimmt worden sind. Alsdann ist gezeigt worden, dass für jedes specielle orthogonale System $(\zeta_{ik}^{(+)})$, für welches die Determinante:

$$|\zeta_{ik}^{(+)} + \delta_{ik}| \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

von Null verschieden ist, Werthsysteme der Variabeln τ_{ik} existiren, für welche die Systeme:

$$(\zeta_{ik}^{(+)} + \delta_{ik}), \quad (\tfrac{1}{2}\tau_{ik} + \tfrac{1}{2}\delta_{ik})$$

zu einander reciprok sind. Bezeichnet man also zur Abkürzung das einem Elemente u_{ik} in dem reciproken Systeme entsprechende Element mit rec. u_{ik} und setzt demgemäss:

$$\frac{\partial \log |u_{gh}|}{\partial u_{ik}} = \text{rec.}\, u_{ik} \qquad (g, h, i, k = 1, 2, \ldots n),$$

so ist:

$$\zeta_{ik}^{(+)} + \delta_{ik} = \text{rec.}\, \tfrac{1}{2}(\tau_{ik} + \delta_{ik}) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

oder also:

$$(79) \qquad \zeta_{ik}^{(+)} = -\delta_{ik} + 2\,\text{rec.}\,(\tau_{ik} + \delta_{ik}) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n).$$

Alle diejenigen orthogonalen Systeme $(\zeta_{ik}^{(+)})$, für welche die Determinante $|\zeta_{ik}^{(+)} + \delta_{ik}|$ nicht gleich Null ist, können daher in folgender Form dargestellt werden:

$$(80) \qquad \left(-\delta_{ik} + 2\,\text{rec.}\,(\tau_{ik} + \delta_{ik})\right) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

während die orthogonalen Systeme $(\zeta_{ik}^{(+)})$, für welche $|\zeta_{ik}^{(+)} + \delta_{ik}| = 0$ ist, in dieser Form nicht mit enthalten sind.

Bedeutet nun $(\sigma_{ik}^{(+)})$ irgend ein specielles der orthogonalen Systeme $(\zeta_{ik}^{(+)})$, so wird offenbar die Gesammtheit derselben auch durch:

$$(\zeta_{ik}^{(+)})\,(\sigma_{ik}^{(+)}) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

dargestellt, d. h. die Systeme, welche aus der Composition aller orthogonalen Systeme mit irgend einem bestimmten hervorgehen, bilden ebenfalls die Gesammtheit der orthogonalen Systeme. Componirt man aber nur alle in der Form (80) enthaltenen orthogonalen Systeme mit $(\sigma_{ik}^{(+)})$, so können unter den resultirenden orthogonalen Systemen solche vorkommen, welche selbst nicht in der Form (80) darstellbar sind. Bei der Darstellungsweise orthogonaler Systeme:

$$\left(-\delta_{ik} + 2\,\text{rec.}\,(\tau_{ik} + \delta_{ik})\right)(\sigma_{ik}^{(+)}) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

welche, ebenso wie die Cayley'sche:

$$\left(-\delta_{ik} + 2\,\mathrm{rec.}\,(\tau_{ik} + \delta_{ik})\right) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

genau $\frac{1}{2}n(n-1)$ Parameter enthält, sind daher, je nach der Wahl des speciellen Systems $(\sigma_{ik}^{(+)})$, die darzustellenden Systeme anderen und anderen Beschränkungen unterworfen, und die einzelnen dieser Beschränkungen erweisen sich hiernach als unwesentlich.

Die vorstehende Betrachtung führt aber nicht bloss zur Erkenntniss, dass die bei der Cayley'schen Darstellungsweise auftretende Beschränkung eine unwesentliche ist, sondern sie zeigt auch, wie eben diese Beschränkung aufgehoben werden kann.

Aus der Composition des Systems $(-\delta_{ik} + 2\,\mathrm{rec.}\,(-\tau_{ik} + \delta_{ik}))$ mit irgend einem speciellen orthogonalen Systeme (c_{ik}), dessen Determinante gleich $+1$ ist, resultirt nämlich ein orthogonales, von $\frac{1}{2}n(n-1)$ Variabeln τ_{ik} abhängendes System (F_{ik}) mit der Determinante $+1$, und da es, wie im art. VIII nachgewiesen worden ist, keine $\frac{1}{2}n(n-1)$fache Mannigfaltigkeit von Grössen F_{ik} giebt, für welche die Gleichungen:

$$\sum_i F_{gi} F_{hi} = \delta_{gh}, \quad |F_{ik}| = 1, \quad |F_{ik} + \delta_{ik}| = 0 \qquad (g, h, i, k = 1, 2, \ldots n)$$

erfüllt wären, so ist die Determinante:

$$|F_{ik} + \delta_{ik}| \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

so lange die $\frac{1}{2}n(n-1)$ Grössen τ_{ik}, bei denen $i < k$ ist, variabel bleiben, von Null verschieden. Es ist daher auf das componirte System (F_{ik}) die Cayley'sche Darstellungsweise anwendbar, d. h. es wird:

$$(81) \qquad F_{ik} = -\delta_{ik} + 2\,\mathrm{rec.}\,(f_{ik} + \delta_{ik}) \qquad (i, k, = 1, 2, \ldots n),$$

wo f_{ik} rationale, den Gleichungen:

$$f_{ik} + f_{ki} = 0 \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

genügende Functionen der n^2 Grössen F_{ik} bedeuten. Diese letzteren sind wiederum, gemäss der symbolischen Compositionsgleichung:

$$(82) \qquad \left(-\delta_{ik} + 2\,\mathrm{rec.}\,(-\tau_{ik} + \delta_{ik})\right)(c_{ik}) = (F_{ik}) \qquad (i, k = 1, 2 \ldots n),$$

rationale Functionen der Grössen c_{ik} und der $\frac{1}{2}n(n-1)$ Variabeln τ_{ik}, bei denen $i < k$ ist; es sind daher auch die n^2 Grössen f_{ik} rationale Functionen derselben Grössen c_{ik} und τ_{ik}.

Fügt man auf beiden Seiten der Compositionsgleichung (82) vorn das System hinzu:

$$\left(-\delta_{ik} + 2\,\mathrm{rec.}\,(\tau_{ik} + \delta_{ik})\right) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

welches das reciproke des Systems:

$$\left(-\delta_{ik}+2\,\text{rec.}\,(\tau_{ki}+\delta_{ik})\right) \text{ oder } \left(-\delta_{ik}+2\,\text{rec.}\,(-\tau_{ik}+\delta_{ik})\right)$$
$$(i, k = 1, 2, \ldots n)$$

ist, so kommt:

$$(c_{ik}) = \left(-\delta_{ik}+2\,\text{rec.}\,(\tau_{ik}+\delta_{ik})\right)(F_{ik}) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n.),$$

oder also mit Benutzung der Gleichung (81):

$$(83) \qquad (c_{ik}) = \left(-\delta_{ik}+2\,\text{rec.}\,(\tau_{ik}+\delta_{ik})\right)\left(-\delta_{ik}+2\,\text{rec.}\,(f_{ik}+\delta_{ik})\right).$$
$$(i, k = 1, 2, \ldots n)$$

Diese symbolische Compositionsgleichung zeigt,

dass sich ausnahmslos jedes specielle orthogonale System c_{ik}, mit der Determinante $+1$, als Resultat der Composition eines aus $\frac{1}{2}n(n-1)$ unbestimmten Variabeln:

$$\tau_{ik} \qquad (1 \leqq i < k \leqq n)$$

gebildeten Systems:

$$\left(-\delta_{ik}+2\,\text{rec.}\,(\tau_{ik}+\delta_{ik})\right) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

mit einem Systeme:

$$\left(-\delta_{ik}+2\,\text{rec.}\,(f_{ik}+\delta_{ik})\right) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

darstellen lässt, in welchem die Grössen f_{ik} rationale Functionen der unbestimmten Variabeln τ_{ik} und der Elemente des darzustellenden Systems c_{ik} sind.

Dabei genügen die Grössen τ_{ik} und f_{ik} den Gleichungen:

$$\tau_{ik}+\tau_{ki} = 0\,, \quad f_{ik}+f_{ki} = 0 \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

und gemäss der Compositionsgleichung (83) lassen sich auch die Elemente c_{ik} als rationale Functionen der Grössen τ_{ik} und f_{ik} ausdrücken. Es gehören also einerseits die Grössen f_{ik} zu dem aus den Elementen:

$$c_{ik}\,,\ \tau_{ik} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

gebildeten Rationalitätsbereich, andererseits die Grössen c_{ik} zu demjenigen, welcher aus den Elementen:

$$f_{ik}\,,\ \tau_{ik} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

zu bilden ist.

In der ausnahmslosen Darstellung orthogonaler Systeme, welche durch die Hinzunahme von $\frac{1}{2}n(n-1)$ unbestimmten Variabeln τ_{ik} ermöglicht worden ist, bewährt sich wiederum jenes »methodische Hülfsmittel der Einführung von Unbestimmten in die Algebra und Arithmetik«, dessen Nützlichkeit und Bedeutung ich in meiner Fest-

schrift zu Hrn. KUMMER's Doctorjubiläum näher dargelegt habe.[1] Man kann aber in der Gleichung (83), welche die Darstellung aller orthogonalen Systeme liefert, für die Unbestimmten τ_{ik} auch irgend welche bestimmte Grössen substituiren, wenn diese nur so beschaffen sind, dass die in der Gleichung vorkommenden Nenner nicht gleich Null werden. Hierfür ist es, wie die Gleichungen (81) und (82) zeigen, nothwendig und hinreichend, an Stelle der Unbestimmten τ_{ik} solche Grössen zu setzen, dass beide Determinanten:

$$|\tau_{ik}+\delta_{ik}|\,,\quad |F_{ik}+\delta_{ik}| \qquad (i,k=1,2,\ldots n)$$

von Null verschiedene Werthe erhalten, und dies ist für ein gegebenes bestimmtes System (c_{ik}) stets möglich, da für die aus der Gleichung (82) bei unbestimmten τ_{ik} resultirenden Elemente F_{ik} die Determinante $|F_{ik}+\delta_{ik}|$ nicht identisch gleich Null wird. Demnach können, wenn irgend ein orthogonales System mit der Determinante $+1$ gegeben ist, dessen Elemente $\mathfrak{c}_{ik}$ einem Rationalitätsbereich $(\mathfrak{R}, \mathfrak{R}', \mathfrak{R}''\ldots)$ angehören, stets Grössen:

$$\mathfrak{a}_{ik}\,,\ \mathfrak{b}_{ik} \qquad (i,k=1,2,\ldots n)$$

desselben Bereichs gewählt werden, welche den Gleichungen:

$$(84) \qquad \mathfrak{a}_{ik}+\mathfrak{a}_{ki}=0\,,\quad \mathfrak{b}_{ik}+\mathfrak{b}_{ki}=0 \qquad (i,k=1,2,\ldots n)$$

genügen, und für welche:

$$(85) \qquad \mathfrak{c}_{ik}=\sum_{h=1}^{h=n}\Big(-\delta_{ih}+2\,\mathrm{rec.}(\mathfrak{a}_{ih}+\delta_{ih})\Big)\Big(-\delta_{hk}+2\,\mathrm{rec.}(\mathfrak{b}_{hk}+\delta_{hk})\Big) \quad (i,k=1,2,\ldots n)$$

wird, so dass die Compositionsgleichung besteht:

$$(86) \qquad (\mathfrak{c}_{ik})=\Big(-\delta_{ik}+2\,\mathrm{rec.}(\mathfrak{a}_{ik}+\delta_{ik})\Big)\Big(-\delta_{ik}+2\,\mathrm{rec.}(\mathfrak{b}_{ik}+\delta_{ik})\Big) \quad (i,k=1,2,\ldots n).$$

Da nun andererseits offenbar jedes aus den beiden Systemen rechts componirte System ein orthogonales System des Bereichs $(\mathfrak{R}, \mathfrak{R}', \mathfrak{R}''\ldots)$ mit der Determinante $+1$ ist, sobald für $\mathfrak{a}_{ik}, \mathfrak{b}_{ik}$ irgend welche den Gleichungen (84) genügende Grössen desselben Bereichs genommen werden, so ergiebt sich das Resultat:

Alle orthogonalen, einem Rationalitätsbereich $(\mathfrak{R}, \mathfrak{R}', \mathfrak{R}''\ldots)$ angehörigen Systeme $(\mathfrak{c}_{ik})$ mit der Determinante $+1$, und nur diese, werden durch die Composition von je zwei Systemen:

$$\Big(-\delta_{ik}+2\,\mathrm{rec.}(\mathfrak{a}_{ik}+\delta_{ik})\Big)\,,\ \Big(-\delta_{ik}+2\,\mathrm{rec.}(\mathfrak{b}_{ik}+\delta_{ik})\Big)$$
$$(i,k=1,2,\ldots n)$$

erhalten, in denen $\mathfrak{a}_{ik}, \mathfrak{b}_{ik}$ irgend welche den Gleichungen (84) genügende Grössen des Bereichs $(\mathfrak{R}, \mathfrak{R}', \mathfrak{R}''\ldots)$ sind.

---

[1] Vergl. den Schluss des §. 22 der citirten Festschrift.

Die hier erlangte, ausnahmslos zulässige Darstellungsweise orthogonaler Systeme, bei welcher allerdings ein und dasselbe System aus verschiedenen Werthsystemen von $\mathfrak{a}_{ik}$, $\mathfrak{b}_{ik}$ hervorgeht und also mehrfach vorkommt, ist auch auf solche Systeme anwendbar, welche nur in Beziehung auf ein gewisses Modulsystem orthogonal sind. Sie bildet eine wesentliche Erweiterung der Cayley'schen Darstellungsweise, und diese resultirt selbst daraus, wenn man die sämmtlichen Grössen $\mathfrak{b}_{ik}$ gleich Null annimmt. Aber bei einer solchen Specialisation der obigen allgemeineren Darstellungsweise bleibt die volle Allgemeinheit der Darstellbarkeit nicht erhalten. So können, wie schon am Schlusse des art. V gezeigt worden ist, die orthogonalen Systeme:

$$\left(-\delta_{ik} + 2\,\mathrm{rec.}\,(\mathfrak{a}_{ik} + \delta_{ik})\right) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

für endliche Werthe $\mathfrak{a}_{ik}$ niemals symmetrisch sein, ausser wenn alle Grössen $\mathfrak{a}_{ik}$ gleich Null sind; aber unter den aus der Composition zweier Systeme:

$$\left(-\delta_{ik} + 2\,\mathrm{rec.}\,(\mathfrak{a}_{ik} + \delta_{ik})\right),\ \left(-\delta_{ik} + 2\,\mathrm{rec.}\,(\mathfrak{b}_{ik} + \delta_{ik})\right) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

hervorgehenden Systemen sind z. B. diejenigen symmetrisch, bei welchen:

$$\mathfrak{b}_{ik} = -\delta_{ik} + \mathrm{rec.}\left(\tfrac{1}{2}(1-\varepsilon_i)\,\delta_{ik} + \varepsilon_i\,\mathrm{rec.}\,(-\mathfrak{a}_{ik} + \delta_{ik})\right) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

ist, vorausgesetzt, dass die Werthe ε_i in gerader Anzahl gleich -1 und die übrigen gleich $+1$ sind. Denn setzt man:

$$-\delta_{hk} + 2\,\mathrm{rec.}\,(\mathfrak{b}_{hk} + \delta_{hk}) = c_{hk} \qquad (h, k = 1, 2, \ldots n),$$

so wird:

$$-\delta_{ih} + 2\,\mathrm{rec.}\,(\mathfrak{a}_{ih} + \delta_{ih}) = \varepsilon_h\, c_{hi} \qquad (h, i = 1, 2, \ldots n),$$

und aus der Gleichung (85) ergiebt sich alsdann die Relation:

$$\mathfrak{c}_{ik} = \sum_{h=1}^{h=n} \varepsilon_h\, c_{hi}\, c_{hk} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

durch welche gemäss der Gleichung (6) im art. I das System $(\mathfrak{c}_{ik})$ als ein orthogonales symmetrisches charakterisirt wird.

XIII.

Eine von der Cayley'schen principiell verschiedene, für den Fall reeller Grössen ausnahmslos zulässige Darstellung orthogonaler Systeme durch $\frac{1}{2}n(n-1)$ Parameter erhält man nach jener Methode der Transformation eines Aggregats von Quadraten in ein anderes, welche ich in meiner Mittheilung vom Februar 1873 auseinandergesetzt und auch oben im art. IV. benutzt habe.

Bedeutet nämlich, wie im art. I:

$$(c_{ik}) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

irgend ein orthogonales System und:

$$(\mathfrak{c}_{ik}) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

ein »elementares«, d. h. ein solches, dessen Elemente in folgender Weise bestimmt sind:

$$\begin{matrix} \mathfrak{c}_{gg} = \cos v_{gh}, & \mathfrak{c}_{gh} = \sin v_{gh}, & \mathfrak{c}_{gk} = 0 \\ -\mathfrak{c}_{hg} = \sin v_{gh}, & \mathfrak{c}_{hh} = \cos v_{gh}, & \mathfrak{c}_{hk} = 0 \end{matrix} \qquad \left(\begin{matrix} k = 1, 2, \ldots n; \\ k \gtrless g, k \gtrless h \end{matrix}\right),$$

$$\mathfrak{c}_{ik} = \delta_{ik} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n; i \gtrless g; i \gtrless h),$$

so resultirt aus der Composition:

$$(\mathfrak{c}_{ik})\,(c_{ik})$$

ein orthogonales System, in welchem die beiden durch die vorderen Indices g und h charakterisirten Horizontalreihen die Elemente haben:

$$\begin{matrix} c_{gk} \cos v_{gh} + c_{hk} \sin v_{gh} \\ -c_{gk} \sin v_{gh} + c_{hk} \cos v_{gh} \end{matrix} \qquad (k = 1, 2, \ldots n),$$

während die übrigen Horizontalreihen mit denen des Systems (c_{ik}) übereinstimmen. Bezeichnet man nun das elementare orthogonale System $(\mathfrak{c}_{ik})$, um die Abhängigkeit seiner Elemente von der Winkelgrösse v_{gh} hervorzuheben, mit:

$$\mathfrak{E}\,(v_{gh}),$$

so wird jenes aus der Composition mit (c_{ik}) resultirende System durch den Ausdruck:

$$\big(\mathfrak{E}\,(v_{gh})\big)\,(c_{ik})$$

symbolisch dargestellt.

Es sei jetzt zuerst $g = 1, h = n$, und v_{1n} werde so bestimmt, dass das Element:

$$-c_{11} \sin v_{1n} + c_{n1} \cos v_{1n},$$

welches in dem componirten System:

$$\big(\mathfrak{E}\,(v_{1n})\big)\,(c_{ik})$$

an der ersten Stelle der $n$ten Horizontalreihe steht, gleich Null wird, und dass zugleich das erste Element der ersten Horizontalreihe einen positiven Werth bekommt. Dies ist stets möglich, auch wenn $c_{11} = 0$ ist, da in diesem Falle nur v_{1n} gleich $\frac{1}{2}\pi$ oder $\frac{3}{2}\pi$ genommen zu werden braucht.

Alsdann sei $g = 1$, $h = n-1$ und $v_{1,n-1}$ werde so bestimmt, dass das erste Element der $(n-1)$ten Horizontalreihe in dem System:

$$(\mathfrak{E}(v_{1,n-1}))\,(\mathfrak{E}(v_{1,n}))\,(c_{ik})$$

gleich Null und zugleich das erste Element der ersten Horizontalreihe positiv wird. Fährt man in dieser Weise fort, so erlangt man ein System:

$$(\mathfrak{E}(v_{12}))\,(\mathfrak{E}(v_{13}))\ldots(\mathfrak{E}(v_{1,n-1}))\,(\mathfrak{E}(v_{1n}))\,(c_{ik}),$$

in welchem alle Elemente der ersten Verticalreihe, mit Ausnahme des ersten, gleich Null sind und das erste Element einen positiven Werth hat. Es ist also, wenn die Elemente des Systems mit $\bar{c}_{ik}$ bezeichnet werden:

$$\bar{c}_{21} = \bar{c}_{31} = \ldots = \bar{c}_{n1} = 0\,,$$

und da das System ein orthogonales ist, also die Gleichungen bestehen:

$$\sum_{h=1}^{h=n} \bar{c}_{h1}\bar{c}_{h1} = 1\,,\quad \sum_{h=1}^{h=n} \bar{c}_{h1}\bar{c}_{hk} = 0 \qquad (k = 2, 3, \ldots n),$$

so folgt, dass:

$$\bar{c}_{11} = +1\,,\quad \bar{c}_{1k} = 0 \qquad (k = 2, 3, \ldots n)$$

sein muss. Das System $(\bar{c}_{ik})$ ist daher nichts Anderes als ein orthogonales System von $(n-1)^2$ Elementen:

$$\bar{c}_{ik} \qquad (i, k = 2, 3, \ldots n),$$

welchem nur eine Horizontalreihe:

$$\bar{c}_{11} = +1\,,\ \bar{c}_{12} = 0\,,\ \bar{c}_{13} = 0\,,\ldots\,\bar{c}_{1n} = 0$$

und eine Verticalreihe:

$$\bar{c}_{11} = +1\,,\ \bar{c}_{21} = 0\,,\ \bar{c}_{31} = 0\,,\ldots\,\bar{c}_{n1} = 0$$

angefügt ist. Setzt man von diesem System $(\bar{c}_{ik})$, welches wesentlich nur ein orthogonales System von $(n-1)^2$ Elementen ist, schon voraus, dass es als Resultat der Composition von lauter elementaren Systemen in folgender Weise darstellbar ist:

$$(\mathfrak{E}(v_{23}))\,(\mathfrak{E}(v_{24}))\ldots(\mathfrak{E}(v_{n-1,n}))\,,$$

so folgt nunmehr,

dass jedes orthogonale System von n^2 Elementen sich als Resultat der Composition einer Reihe von $\frac{1}{2}n(n-1)$ elementaren orthogonalen Systemen:

$$(87)\qquad (\mathfrak{E}(v_{12}))\,(\mathfrak{E}(v_{13}))\,\ldots\ldots\,(\mathfrak{E}(v_{n-2,n}))\,(\mathfrak{E}(v_{n-1,n}))$$

darstellen lässt, deren jedes von einer Grösse v abhängt.

Andererseits ist klar, dass aus der Composition beliebiger elementarer orthogonaler Systeme stets ein orthogonales System hervorgeht. Der mit (87) bezeichnete Ausdruck stellt demnach, in der angekündigten Weise, ausnahmslos jedes orthogonale System mit reellen Elementen durch $\frac{1}{2}n(n-1)$ Parameter v dar. Doch ist dabei zu bemerken, dass nicht jeder einzelne Coefficient der elementaren orthogonalen Systeme $(\cos v, \sin v)$, sondern nur das Verhältniss $(\operatorname{tg} v)$ rational in den Elementen des durch den Compositionsausdruck (87) darzustellenden Systems ausgedrückt wird.

Das mit $\mathfrak{E}(v_{gh})$ bezeichnete elementare orthogonale System lässt sich als Resultat der Composition anderer elementarer Systeme in folgender Weise darstellen:

$$\left(\mathfrak{E}(v_{1h})\right)\left(\mathfrak{E}(v_{12})\right)\left(\mathfrak{E}(v_{1g})\right)\left(\mathfrak{E}(v'_{12})\right)\left(\mathfrak{E}(v_{1g})\right)\left(\mathfrak{E}(v_{12})\right)\left(\mathfrak{E}(v_{1h})\right)\left(\mathfrak{E}(v'_{1g})\right),$$

wenn hierbei:

$$v_{12} = v_{1g} = v_{1h} = \tfrac{1}{2}\pi\,,\quad v'_{1g} = \pi\,,\quad v'_{12} = v_{gh}$$

gesetzt wird. Hieraus folgt,

dass sich jedes orthogonale System als Resultat der Composition einer Reihe von elementaren darstellen lässt, welche nur aus den $n-1$ Systemen:

$$\mathfrak{E}(v_{12}),\ \mathfrak{E}(v_{13}),\ \ldots\ldots\ \mathfrak{E}(v_{1n})$$

entnommen zu werden brauchen,

und diese Art der Darstellung ist besonders dazu geeignet, die partiellen Differentialgleichungen herzuleiten, durch welche die bei orthogonalen Transformationen ungeändert bleibenden Functionen der Coefficienten von Formensystemen charakterisirt werden.

XIV.

Bezeichnet man, wie in den §§. 13 und 14 meines am 6. Juni 1889 vorgelegten Aufsatzes[1] mit:

$$\text{(S)}\qquad F^{(1)}(x_1, x_2, \ldots x_n)\,,\quad F^{(2)}(x_1, x_2, \ldots x_n)\,,\quad F^{(3)}(x_1, x_2, \ldots x_n)\,, \ldots$$

homogene Formen der Dimensionen $\nu_1, \nu_2, \nu_3, \ldots$, ist also wie dort:

$$\text{(88)}\qquad F^{(q)}(x_1, x_2, \ldots x_n) = \sum_{p_1, p_2, \ldots p_n} C^{(q)}_{p_1, p_2, \ldots p_n} x_1^{p_1} x_2^{p_2} \ldots x_n^{p_n},$$

$$\text{(89)}\qquad C^{(q)}_{p_1, p_2, \ldots p_n} = \frac{1}{p_1!\,p_2!\ldots p_n!}\,\frac{\partial^{(\nu_q)} F^{(q)}(x_1, x_2, \ldots x_n)}{\partial x_1^{p_1}\partial x_2^{p_2}\ldots\partial x_n^{p_n}},$$

$$(p_1, p_2, \ldots p_n = 0, 1, 2, \ldots;\quad p_1 + p_2 + \ldots + p_n = \nu_q;\quad q = 1, 2, 3, \ldots)$$

[1] »Die Decomposition der Systeme von n^2 Grössen und ihre Anwendung auf die Theorie der Invarianten«.

und werden nunmehr zwei Formensysteme (S), (S′) dann und nur dann als »eigentlich aequivalent« betrachtet, wenn die Formen des einen Systems in die des andern durch eine »eigentliche orthogonale« Transformation, d. h. durch eine solche mit der Determinante $+1$, übergeführt werden können, so wird eine Function der Coefficienten $C^{(q)}_{p_1, p_2, \dots p_n}$:

$$\text{(90)} \qquad \text{Inv.}\left(\dots C^{(q)}_{p_1, p_2, \dots p_n}, \dots\right),$$

auf Grund des am Schlusse des vorhergehenden Abschnittes entwickelten Resultats, als eine »Invariante der eigentlichen Aequivalenz (S) ∾ (S′)« vollständig durch die Bedingung charakterisirt, dass jede der $n-1$ Functionen:

$$\text{(91)} \quad \text{Inv.}\left(\dots \frac{\partial^{(\nu_q)} F^{(q)}(x_1\cos v + x_r \sin v, \dots x_{r-1}, -x_1 \sin v + x_r \cos v, x_{r+1}, \dots)}{p_1!\, p_2! \dots p_n!\, \partial x_1^{p_1} \partial x_2^{p_2} \dots \partial x_n^{p_n}}, \dots\right),$$

welche den Werthen $r = 2, 3, \dots n$ entsprechen, von v unabhängig sein muss. Differentiirt man also diese $n-1$ Functionen nach v und setzt das Resultat gleich Null, so erhält man $n-1$ für die Invarianteneigenschaft der Function $\text{Inv.}\left(\dots C^{(q)}_{p_1, p_2, \dots p_n}, \dots\right)$ charakteristische Differentialrelationen.

Das Resultat der Differentiation ist ein Aggregat von Producten je zweier Factoren, von denen der eine die nach je einem der Argumente:

$$\frac{\partial^{(\nu_q)} F^{(q)}(x_1\cos v + x_r \sin v, \dots x_{r-1}, -x_1 \sin v + x_r \cos v, x_{r+1}, \dots)}{p_1!\, p_2! \dots p_n!\, \partial x_1^{p_1} \partial x_2^{p_2} \dots \partial x_n^{p_n}}$$

genommene partielle Ableitung der mit (91) bezeichneten Function ist, während der andere Factor durch die nach v genommene partielle Ableitung eben dieses Argumentes, d. h. also durch:

$$\text{(92)} \quad \frac{\partial^{(\nu_q + 1)} F^{(q)}(x_1\cos v + x_r \sin v, \dots x_{r-1}, -x_1 \sin v + x_r \cos v, x_{r+1}, \dots)}{p_1!\, p_2! \dots p_n!\, \partial v\, \partial x_1^{p_1} \partial x_2^{p_2} \dots \partial x_n^{p_n}}$$

gebildet wird. Diese letztere Ableitung kann mittels folgender Betrachtung umgeformt werden.

Aus der unmittelbar zu verificirenden Formel:

$$\frac{\partial F(x_1 \cos v + x_r \sin v, -x_1 \sin v + x_r \cos v)}{\partial v} = x_r \frac{\partial F}{\partial x_1} - x_1 \frac{\partial F}{\partial x_r}$$

erhält man durch successive Differentiation nach den Variabeln x_1 und x_r die allgemeinere Formel:

$$(93)\qquad \frac{\partial^{(h+k+1)} F}{\partial v\, \partial x_1^h\, \partial x_r^k} = k\frac{\partial^{(h+k)} F}{\partial x_1^{h+1}\, \partial x_r^{k-1}} - h\frac{\partial^{(h+k)} F}{\partial x_1^{h-1}\, \partial x_r^{k+1}} + x_r\frac{\partial^{(h+k+1)} F}{\partial x_1^{h+1}\, \partial x_r^{k}} - x_1\frac{\partial^{(h+k+1)} F}{\partial x_1^{h}\, \partial x_r^{k+1}}.$$

Die Richtigkeit dieser Formel, in welcher der Einfachheit halber die Function:

$$F(x_1 \cos v + x_r \sin v, -x_1 \sin v + x_r \cos v)$$

nur durch F bezeichnet ist, kann auch durch Inductionsschluss nachgewiesen werden. Denn wenn man die Richtigkeit für die Systeme der Zahlen:

$$(h-1, k), (h, k-1)$$

voraussetzt, so folgt das eine Mal durch Differentiation nach x_1, das andere Mal durch Differentiation nach x_2 die Richtigkeit der Formel (93) für das System der Zahlen (h, k).

Ersetzt man in der Formel (93) h durch p_1, ferner k durch p_r und F durch:

$$\frac{\partial^{(\nu_q - p_1 - p_r)} F(x_1 \cos v + x_r \sin v, \ldots x_{r-1}, -x_1 \sin v + x_r \cos v, x_{r+1}, \ldots)}{p_1!\, p_2! \ldots p_n!\, \partial x_2^{p_2} \ldots \partial x_{r-1}^{p_{r-1}}\, \partial x_{r+1}^{p_{r+1}} \ldots},$$

so werden die beiden letzten Glieder auf der rechten Seite gleich Null, weil sie die $(\nu_q + 1)$te, nach Variabeln $x_1, x_2, \ldots$ genommene Ableitung der Function:

$$F(x_1 \cos v + x_r \sin v, \ldots x_{r-1}, -x_1 \sin v + x_r \cos v, x_{r+1}, \ldots)$$

enthalten, welche eine homogene Function der Variabeln x von der Dimension ν_q ist, und der Ausdruck (92) wird hiernach in folgenden umgeformt:

$$(94)\qquad \begin{aligned} & p_r \frac{\partial^{(\nu_q)} F(x_1 \cos v + x_r \sin v, \ldots x_{r-1}, -x_1 \sin v + x_r \cos v, x_{r+1}, \ldots)}{p_1!\, p_2! \ldots p_n!\, \partial x_1^{p_1+1}\, \partial x_2^{p_2} \ldots \partial x_{r-1}^{p_{r-1}}\, \partial x_r^{p_r - 1}\, \partial x_{r+1}^{p_{r+1}} \ldots} \\ & - p_1 \frac{\partial^{(\nu_q)} F(x_1 \cos v + x_r \sin v, \ldots x_{r-1}, -x_1 \sin v + x_r \cos v, x_{r+1}, \ldots)}{p_1!\, p_2! \ldots p_n!\, \partial x_1^{p_1-1}\, \partial x_2^{p_2} \ldots \partial x_{r-1}^{p_{r-1}}\, \partial x_r^{p_r + 1}\, \partial x_{r+1}^{p_{r+1}} \ldots}. \end{aligned}$$

Setzt man nun analog der Gleichung (89):

$$\overline{C}^{(q)}_{p_1, p_2, \ldots p_n} = \frac{\partial^{(\nu_q)} F^{(q)}(x_1 \cos v + x_r \sin v, \ldots x_{r-1}, -x_1 \sin v + x_r \cos v, x_{r+1}, \ldots)}{p_1!\, p_2! \ldots p_n!\, \partial x_1^{p_1}\, \partial x_2^{p_2} \ldots \partial x_n^{p_n}},$$

so geht der Ausdruck (94) über in:

$$(p_1 + 1)\, \overline{C}^{(q)}_{p_1+1, \ldots p_r - 1, \ldots p_n} - (p_r + 1)\, \overline{C}^{(q)}_{p_1 - 1, \ldots p_r + 1, \ldots p_n},$$

und der nach v genommene Differentialquotient des Ausdrucks (91), d. h. also:

$$\frac{\partial \operatorname{Inv.}\left(\ldots \overline{C}^{(q)}_{p_1, p_2, \ldots p_n} \ldots\right)}{\partial r}$$

wird durch die Summe:

$$(95) \quad \sum_{p_1, p_2, \ldots p_n, q} \left((p_1+1)\overline{C}^{(q)}_{p_1+1, \ldots p_r-1, \ldots p_n} - (p_r+1)\overline{C}^{(q)}_{p_1-1, \ldots p_r+1, \ldots p_n}\right) \frac{\partial \operatorname{Inv.}\left(\ldots \overline{C}^{(q)}_{p_1, p_2, \ldots p_n} \ldots\right)}{\partial \overline{C}^{(q)}_{p_1, p_2, \ldots p_n}}$$

$$(p_1, p_2, \ldots p_n = 0, 1, 2, \ldots;\ p_1 + p_2 + \ldots + p_n = \nu_q;\ q = 1, 2, 3, \ldots)$$

dargestellt, wenn man darin $\overline{C}^{(q)}$, falls einer der unteren Indices negativ ist, gleich Null nimmt.

Die Gleichungen, welche entstehen, indem der Ausdruck (95) für $r = 2, 3, \ldots n$ gleich Null gesetzt wird, sind vollkommen gleichbedeutend mit denjenigen, welche man erhält, wenn man die Coefficienten $\overline{C}$ durch die Coefficienten C ersetzt, und es resultiren alsdann die $n-1$ partiellen Differentialgleichungen:

$$(96) \quad \sum (p_1+1) C^{(q)}_{p_1-1, \ldots p_r-1, \ldots p_n} \frac{\partial \operatorname{Inv.}\left(\ldots C^{(q)}_{p_1, p_2, \ldots p_n}, \ldots\right)}{\partial C^{(q)}_{p_1, p_2, \ldots p_n}}$$

$$= \sum (p_r+1) C^{(q)}_{p_1-1, \ldots p_r+1, \ldots p_n} \frac{\partial \operatorname{Inv.}\left(\ldots C^{(q)}_{p_1, p_2, \ldots p_n}, \ldots\right)}{\partial C^{(q)}_{p_1, p_2, \ldots p_n}},$$

welche den $n-1$ verschiedenen Werthen:

$$r = 2, 3, \ldots n$$

entsprechen, und in welchen links in Beziehung auf p_r, rechts in Beziehung auf p_1 nur von 1 an, in Beziehung auf alle übrigen Summationsbuchstaben p aber auf beiden Seiten von 0 an so zu summiren ist, dass stets die Bedingung:

$$p_1 + p_2 + \ldots + p_n = \nu_q$$

erfüllt bleibt, während die Summation in Beziehung auf q von 1 an bis zu derjenigen Zahl zu erstrecken ist, welche die Anzahl der Formen des zu Grunde gelegten Formensystems (S) bezeichnet.

XV.

Die $n-1$ partiellen Differentialgleichungen (96), durch welche die »Invarianten eigentlich orthogonaler Transformationen des Formensystems:«

$$(S) \qquad \sum_{p_1, p_2, \ldots p_n} C^{(q)}_{p_1, p_2, \ldots p_n} x_1^{p_1} x_2^{p_2} \ldots x_n^{p_n} \qquad \begin{pmatrix} p_1, p_2, \ldots p_n = 0, 1, 2, \ldots; \\ p_1 + p_2 \ldots + p_n = \nu_q; \\ q = 1, 2, 3, \ldots \end{pmatrix}$$

vollständig und in elegantester Weise charakterisirt werden, stehen in einer bemerkenswerthen Beziehung zu jenen $2n-2$ partiellen Differentialgleichungen, welche ich im §. 14 meines schon oben citirten vorjährigen Aufsatzes[1] für die Invarianten **allgemeiner** linearer Transformationen mit der Determinante *Eins* entwickelt und dort mit (V) bezeichnet habe. Setzt man nämlich zur Abkürzung den Differentialausdruck:

$$(97)\quad \sum (p_1+1)\, C^{(q)}_{p_1+1,p_2-1,p_3,\ldots p_n} \frac{\partial \operatorname{Inv.}\left(\ldots C^{(q)}_{p_1,p_2,\ldots p_n},\ldots\right)}{\partial C^{(q)}_{p_1,p_2,\ldots p_n}}$$

$$(p_2=1,2,\ldots;\ p_1,p_3,\ldots p_n=0,1,2,\ldots;\ p_1+p_2+\cdots+p_n=\nu_q;\ q=1,2,3,\ldots)$$

gleich:

$$D_{1,2}\operatorname{Inv.}\left(\ldots C^{(q)}_{p_1,p_2,\ldots p_n}\ldots\right),$$

so werden die $n-1$ partiellen Differentialgleichungen für die Invarianten **eigentlich orthogonaler** Transformationen durch:

$$D_{1,r}\operatorname{Inv.}\left(\ldots C^{(q)}_{p_1,p_2,\ldots p_n},\ldots\right) = D_{r,1}\operatorname{Inv.}\left(\ldots C^{(q)}_{p_1,p_2,\ldots p_n},\ldots\right),\quad (r=2,3,\ldots n)$$

aber die $2n-2$ partiellen Differentialgleichungen für die Invarianten **allgemeiner** linearer Transformationen mit der Determinante *Eins* durch:

$$D_{1,r}\operatorname{Inv.}\left(\ldots C^{(q)}_{p_1,p_2,\ldots p_n},\ldots\right) = D_{r,1}\operatorname{Inv.}\left(\ldots C^{(q)}_{p_1,p_2,\ldots p_n},\ldots\right) = 0\quad (r=2,3,\ldots n)$$

dargestellt. Das in den obigen Differentialgleichungen (96) und in den Differentialgleichungen (V) meines vorjährigen Aufsatzes enthaltene Resultat kann also dahin formulirt werden:

Während die Invarianten **eigentlich orthogonaler** Transformationen eines Formensystems:

$$(98)\quad \sum_{p_1,p_2,\ldots p_n} C^{(q)}_{p_1,p_2,\ldots p_n} x_1^{p_1} x_2^{p_2}\ldots x_n^{p_n} \quad \left(\begin{matrix} p_1,p_2,\ldots p_n=0,1,2,\ldots; \\ p_1+p_2+\ldots+p_n=\nu_q;\ q=1,2,3,\ldots \end{matrix}\right)$$

dadurch vollständig charakterisirt werden, dass jeder der $n-1$, den Indices $r=2,3,\ldots n$ entsprechenden Differentialausdrücke:

$$\sum (p_1+1)\, C^{(q)}_{p_1+1,\ldots p_r-1,\ldots p_n} \frac{\partial \operatorname{Inv.}\left(\ldots C^{(q)}_{p_1,p_2,\ldots p_n}\ldots\right)}{\partial C^{(q)}_{p_1,p_2,\ldots p_n}}$$

$$(p_2=1,2,\ldots;\ p_1,p_3,\ldots p_n=0,1,2,\ldots;\ p_1+p_2+\ldots+p_n=\nu_q;\ q=1,2,\ldots)$$

---

[1] »Die Decomposition der Systeme von n^2 Grössen und ihre Anwendung auf die Theorie der Invarianten.«

bei Vertauschung der Indices p_1 und p_r seinen Werth beibehält, tritt für die Invarianten allgemeiner linearer Transformationen mit der Determinante *Eins* noch die Bedingung hinzu, dass jeder dieser Werthe gleich *Null* sein muss.

Der besondere Fall, in welchem sich das Formensystem (S) auf eine einzige quadratische Form reducirt, verdient sowohl an sich als auch deshalb hervorgehoben zu werden, weil derselbe auf andere Weise bereits von Hrn. Lipschitz in seinem oben in der Einleitung citirten Aufsatze behandelt worden ist.[1]

Bezeichnet man mit:

$$u_{ik} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n;\ i \leqq k)$$

$\frac{1}{2} n(n+1)$ unbestimmte Variable und setzt:

$$u_{ki} = u_{ik} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n;\ i \leqq k),$$

so bilden die n^2 Grössen:

$$u_{ik} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

ein symmetrisches System, und es ist:

$$\sum_{i,k} u_{ik} x_i x_k \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

eine quadratische Form mit variabeln Coefficienten. Setzt man also:

$$\sum_{i,k} u_{ik} x_i x_k = \sum C_{p_1, p_2, \ldots p_n} x_1^{p_1} x_2^{p_2} \ldots x_n^{p_n} \qquad \begin{pmatrix} p_1, p_2, \ldots p_n = 0, 1, 2; \\ p_1 + p_2 + \cdots + p_n = 2 \end{pmatrix},$$

so wird:

$$C_{2000\ldots} = u_{11}\ ,\ C_{0200\ldots} = u_{22}\ ,\ C_{0020\ldots} = u_{33}\ ,\ \ldots\ldots,$$
$$C_{1100\ldots} = 2u_{12},\ C_{1010\ldots} = 2u_{13},\ C_{0110\ldots} = 2u_{23},\ \ldots\ldots,$$

und der oben mit (97) bezeichnete Differentialausdruck geht in folgenden über:

$$u_{11} \frac{\partial \text{Inv.}}{\partial u_{12}} + 2u_{12} \frac{\partial \text{Inv.}}{\partial u_{22}} + \sum_{h=3}^{h=n} u_{1h} \frac{\partial \text{Inv.}}{\partial u_{h2}},$$

in welchem, der Einfachheit halber, die Argumente der Function Inv. $(\ldots u_{ik}, \ldots)$ weggelassen worden sind. Gemäss dem oben mit (98) bezeichneten Resultat

werden also die Invarianten orthogonaler Transformationen der quadratischen Form:

$$\sum_{i,k} u_{ik} x_i x_k \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

---

[1] Ich bemerke hierbei, dass ich überhaupt erst durch die citirten Entwickelungen des Hrn. Lipschitz auf das allgemeinere Problem der Ermittelung von partiellen Differentialgleichungen für die Invarianten orthogonaler Transformationen geführt worden bin.

dadurch vollständig charakterisirt, dass jeder der $n-1$, den Indices $r = 2, 3, \ldots n$ entsprechenden Differentialausdrücke:

$$(99) \qquad u_{1r}\frac{\partial\,\mathrm{Inv.}}{\partial u_{rr}} + \sum_{h=1}^{h=n} u_{1h}\frac{\partial\,\mathrm{Inv.}}{\partial u_{hr}}$$

bei Vertauschung der Indices 1 und r seinen Werth beibehält, und die $n-1$ partiellen Differentialgleichungen für diese Invarianten entstehen daher aus der folgenden:

$$(100) \qquad \sum_{h=1}^{h=n}\left(u_{1h}\frac{\partial\,\mathrm{Inv.}}{\partial u_{rh}} - u_{rh}\frac{\partial\,\mathrm{Inv.}}{\partial u_{1h}}\right) = u_{1r}\left(\frac{\partial\,\mathrm{Inv.}}{\partial u_{11}} - \frac{\partial\,\mathrm{Inv.}}{\partial u_{rr}}\right),$$

wenn man darin dem Index r nach einander die Werthe $2, 3, \ldots n$ beilegt.

Bei der obigen Übertragung des mit (98) bezeichneten Resultats auf den speciellen Fall, wo sich das Formensystem (S) auf eine quadratische Form reducirt, musste von der Einschränkung auf eigentlich orthogonale Transformationen abgesehen werden, weil in diesem Falle die Unterscheidung zwischen den beiden Arten von orthogonalen Transformationen, d. h. zwischen denjenigen mit der Determinante $+1$ und denjenigen mit der Determinante -1, hinfällig wird. Jede quadratische Form ist nämlich sich selbst uneigentlich aequivalent, d. h. sie kann mittels einer orthogonalen Substitution mit der Determinante -1 in sich selbst transformirt werden, und es kann desshalb keine Invarianten geben, welche ausschliesslich Invarianten für eigentlich orthogonale Transformationen wären.

Um sich davon zu überzeugen, dass jede beliebige quadratische Form mit reellen Coefficienten:

$$\sum_{i,k} a_{ik}x_i x_k \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

durch uneigentlich orthogonale Substitutionen in sich selbst transformirt werden kann, braucht man nur jene stets zulässige, schon im art. I angewendete Darstellung der Coefficienten a_{ik} in der Form (1):

$$a_{ik} = \sum_{h=1}^{h=n} p_h c_{hi} c_{hk} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

zu benutzen, in welcher die Grössen c_{hi} die Elemente eines orthogonalen Systems bedeuten. Setzt man nämlich:

$$x_i = \sum_{l,r} \varepsilon_l c_{li} c_{lr} x'_r \qquad (i, l, r, = 1, 2, \ldots n),$$

so wird:

$$\sum_{i,k} a_{ik}x_i x_k = \sum_{i,k,l,m,r,s} \varepsilon_l\varepsilon_m c_{li} c_{mk} c_{lr} c_{ms} a_{ik} x'_r x'_s \qquad (i, k, l, m, r, s = 1, 2, \ldots n),$$

und hieraus folgt bei Benutzung des obigen Ausdrucks für a_{ik} die Gleichung:

$$\sum_{i,k} a_{ik} x_i x_k = \sum_{h,i,k} \varepsilon_h^2 p_h c_{hi} c_{hk} x_i' x_k' \qquad (h, i, k = 1, 2, \ldots n),$$

also, für $\varepsilon_h = \pm 1$:

$$\sum_{i,k} a_{ik} x_i x_k = \sum_{i,k} a_{ik} x_i' x_k' \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n).$$

Die quadratische Form $\Sigma\, a_{ik} x_i x_k$ wird demnach mittels der Substitution:

$$x_i = \sum_{l,r} \varepsilon_l c_{li} c_{lr} x_r' \qquad (i, l, r = 1, 2, \ldots n)$$

in sich selbst transformirt, und diese Substitution ist eine uneigentlich orthogonale, d. h. eine solche mit der Determinante -1, wenn $\varepsilon_1 = -1$ und für jeden von 1 verschiedenen Index $\varepsilon_h = +1$ genommen wird.

Die Anzahl der von einander unabhängigen Invarianten orthogonaler Transformationen der quadratischen Form $\Sigma\, u_{ik} x_i x_k$ ist genau gleich n; sie ergiebt sich nämlich zuvörderst als die Differenz zwischen der Zahl $\frac{1}{2} n(n+1)$, welche die Mannigfaltigkeit der quadratischen Formen und der Zahl $\frac{1}{2} n(n-1)$, welche die Mannigfaltigkeit der orthogonalen Transformationen angiebt, und sie reducirt sich nicht weiter, weil keine auch nur einfache Mannigfaltigkeit, sondern nur eine endliche Anzahl orthogonaler Transformationen der quadratischen Form $\Sigma\, u_{ik} x_i x_k$ in sich selbst existirt. Die Invarianten orthogonaler Transformationen der Form $\Sigma\, u_{ik} x_i x_k$ bilden hiernach selbst eine $n$fache Mannigfaltigkeit.

Da die quadratische Form:

$$\sum_{i,k} (z\delta_{ik} + u_{ik})\, x_i x_k \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

in welcher z eine unbestimmte Variable bedeutet, mittels der orthogonalen Substitution:

$$x_i = \sum_{h=1}^{h=n} c_{ih}\, y_h \qquad (i = 1, 2, \ldots n)$$

in die Form:

$$\sum_{i,k} (z\delta_{ik} + v_{ik})\, y_i y_k \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

übergeht, so sind die beiden Determinanten:

$$| z\delta_{ik} + u_{ik} |, \quad | z\delta_{ik} + v_{ik} | \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

einander gleich. Nun ist die quadratische Form $\sum v_{ik} y_i y_k$ die orthogonal transformirte der Form $\sum u_{ik} x_i x_k$; die Determinante:

$$| z\delta_{ik} + u_{ik} | \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

ist also für jeden beliebigen Werth von z eine Invariante orthogonaler Transformationen der Form $\sum u_{ik} x_i x_k$, und es kann daher die $n$fache Mannigfaltigkeit dieser Invarianten durch die $n$fache Mannigfaltigkeit von Determinanten:

$$|z_1 \delta_{ik} + u_{ik}|, \ |z_2 \delta_{ik} + u_{ik}|, \ldots\ldots |z_n \delta_{ik} + u_{ik}| \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

repraesentirt, d. h. es kann jede Invariante als eine Function von n, verschiedenen Werthen von z entsprechenden Determinanten:

$$|z\delta_{ik} + u_{ik}| \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

dargestellt werden. Zu einem directen Nachweis des Bestehens jener partiellen Differentialgleichungen (100) genügt es hiernach zu zeigen, dass sie erfüllt werden, wenn man darin für Inv. $(\ldots u_{ik}, \ldots)$ die Determinante $|z\delta_{ik} + u_{ik}|$ setzt, oder dass in diesem Falle der mit (99) bezeichnete Differentialausdruck, nämlich:

$$u_{1r} \frac{\partial |z\delta_{ik} + u_{ik}|}{\partial u_{rr}} + \sum_{h=1}^{h=n} u_{1h} \frac{\partial |z\delta_{ik} + u_{ik}|}{\partial u_{hr}} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

bei Vertauschung der Indices 1 und r seinen Werth nicht ändert.

Der angegebene Differentialausdruck kann zuvörderst in folgender Weise dargestellt werden:

$$-z \frac{\partial |z\delta_{ik} + u_{ik}|}{\partial u_{1r}} + \sum_{h=1}^{h=n} (z\delta_{1h} + u_{1h})(1 + \delta_{hr}) \frac{\partial |z\delta_{ik} + u_{ik}|}{\partial u_{hr}} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n).$$

Da nun das System der Grössen $z\delta_{ik} + u_{ik}$ ein symmetrisches ist, so ist der Factor von $z\delta_{1h} + u_{1h}$ in der vorstehenden Summe genau die Adjungirte der Grösse $z\delta_{hr} + u_{hr}$, d. h. es besteht die Relation:

$$(1 + \delta_{hr}) \frac{\partial |z\delta_{ik} + u_{ik}|}{\partial u_{hr}} = \text{adj.}\ (z\delta_{hr} + u_{hr}).$$

Da ferner für jeden der Werthe $r = 2, 3, \ldots n$:

$$\sum_{h=1}^{h=n} (z\delta_{1h} + u_{1h})\ \text{adj.}\ (z\delta_{hr} + u_{hr}) = 0$$

ist, so reducirt sich jener Differentialausdruck auf das Glied:

$$-z \frac{\partial |z\delta_{ik} + u_{ik}|}{\partial u_{1r}},$$

von welchem, vermöge der Symmetrieeigenschaft des Systems (u_{ik}) evident ist, dass es bei der Vertauschung der Indices 1 und r ungeändert bleibt.

In dem schliesslich noch zu erwähnenden besonderen Falle, wo das Formensystem (S) aus n linearen Formen:

$$\sum_{k=1}^{k=n} u_{ik} x_k \qquad (i = 1, 2, \ldots n)$$

besteht, nehmen die partiellen Differentialgleichungen (96) folgende einfache Gestalt an:

$$\sum_{k=1}^{k=n} u_{kr} \frac{\partial \,\text{Inv.}}{\partial u_{k1}} = \sum_{k=1}^{k=n} u_{k1} \frac{\partial \,\text{Inv.}}{\partial u_{kr}} \qquad (r = 2, 3, \ldots n).$$

Die Mannigfaltigkeit dieser Formensysteme ist eine n^2fache, die der orthogonalen Transformationen, wie immer, eine $\frac{1}{2}n(n-1)$fache, also die der Invarianten eine $\left(n^2 - \frac{1}{2}n(n-1)\right)$fache, und diese können sämmtlich als Functionen der $\frac{1}{2}n(n+1)$ speciellen Invarianten:

$$\sum_{h=1}^{h=n} u_{ih} u_{kh} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n;\ i \leq k)$$

dargestellt werden, deren Invarianteneigenschaft unmittelbar erhellt, wenn man die Grössen u_{ih}, u_{kh} durch die orthogonal transformirten:

$$\sum_{r=1}^{r=n} u_{ir} c_{rh}, \quad \sum_{s=1}^{s=n} u_{ks} c_{sh}$$

ersetzt. Dann geht nämlich jene Summe über in:

$$\sum_{r,s} u_{ir} u_{ks} \sum_{h=1}^{h=n} c_{rh} c_{sh} \qquad (r, s = 1, 2, \ldots n),$$

und da die innere auf h bezügliche Summe wegen der Orthogonalität des Systems (c_{ik}) gleich δ_{rs} wird, so kommt, wie oben:

$$\sum_{r=1}^{r=n} u_{ir} u_{kr}.$$

Die angegebenen $\frac{1}{2}n(n+1)$ speciellen Invarianten bleiben auch bei uneigentlichen orthogonalen Transformationen ungeändert, aber im vorliegenden Falle existiren noch Invarianten, welche nur bei eigentlichen orthogonalen Transformationen ungeändert bleiben. Zu diesen gehört offenbar die Determinante des Functionensystems, nämlich:

$$|u_{ik}| \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

da die Determinante des transformirten Systems linearer Functionen gleich dem Product:

$$|u_{ik}|\ |c_{ik}| \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

wird. Diese Invariante $|u_{ik}|$ lässt sich desshalb nicht als eindeutige Function jener $\frac{1}{2}n(n+1)$ Invarianten:

$$\sum_{h=1}^{h=n} u_{ih} u_{kh} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n;\ i \leq k)$$

ausdrücken, sondern nur ihr Quadrat wird mittels der Relation:

$$|u_{ik}|^2 = \left| \sum_{h=1}^{h=n} u_{ih} u_{kh} \right| \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

als ganze rationale Function jener $\frac{1}{2}n(n+1)$ Invarianten dargestellt.

Über die Composition der Systeme von n^2 Grössen mit sich selbst.

Von L. Kronecker.

(Vorgetragen am 22. Mai [St. XXVI].)

I.

Bedeuten $z_{ik}^{(1)}$ für $i, k = 1, 2, \ldots n$ unbestimmte Variable und $z_{ik}^{(r)}$ die n^2 Elemente desjenigen Systems, welches aus r-maliger Composition des Systems $(z_{ik}^{(1)})$ mit sich selbst hervorgeht, so sind die Grössen $z_{ik}^{(r)}$ durch die Gleichungen definirt:

$$(1)\qquad \sum_{h=1}^{h=n} z_{ih}^{(1)} z_{hk}^{(g-1)} = z_{ik}^{(g)} \qquad \begin{pmatrix} i, k = 1, 2, \ldots n \\ g = 1, 2, \ldots r \end{pmatrix},$$

und es bestehen auch die allgemeineren Relationen:

$$(2)\qquad \sum_{h=1}^{h=n} z_{ih}^{(l)} z_{hk}^{(m)} = z_{ik}^{(l+m)} \qquad \begin{pmatrix} i, k = 1, 2, \ldots n \\ l, m = 0, 1, 2, \ldots \end{pmatrix},$$

wenn für den oberen Index Null:

$$z_{ik}^{(0)} = \delta_{ik} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

gesetzt wird.

Bedeuten nun ferner:

$$\text{rec.}\ (a_{ik}) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

die n^2 Elemente des zu einem System (a_{ik}) reciproken Systems, so sind dieselben durch die Relationen bestimmt:

$$(3)\qquad \sum_{i=1}^{i=n} a_{ih}\, \text{rec.}\ (a_{ik}) = \delta_{hk} \qquad (h, k = 1, 2, \ldots n)$$

und stehen zu den Adjungirten der Grössen a_{ih} in der einfachen Beziehung:

$$\text{adj.}\ (a_{ik}) = |a_{ik}|\ \text{rec.}\ (a_{ik}) \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n).$$

Dies vorausgeschickt, erhält man, wie ich bereits im art. VII meines

Dass diese Bedingung aber auch eine hinreichende ist, erkennt man unmittelbar, wenn man in der Congruenz:

$$\text{rec.}\,(z\delta_{ik} - z_{ik}^{(1)}) \equiv \frac{1}{z^\nu - 1} \sum_{h=0}^{h=\nu-1} z_{ki}^{(h)} z^{\nu-h-1} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

welche der Bedingung gemäss bestehen muss, den Ausdruck auf der rechten Seite auf die Form bringt:

$$\sum_{g=0}^{g=\infty} \sum_{h=0}^{h=\nu-1} \frac{z_{ki}^{(h)}}{z^{g\nu+h+1}} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

da alsdann aus der Vergleichung mit dem Ausdruck auf der rechten Seite der Gleichung (4) die nachzuweisende Congruenz:

$$z_{ki}^{(g\nu+h)} \equiv z_{ki}^{(h)} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

resultirt.

IV.

Für den speciellen Fall, wo an Stelle der Congruenzen Gleichungen treten, wird durch die Bedingung,

> dass die Elemente des zu $(z\delta_{ik} - \mathfrak{z}_{ik}^{(1)})$ reciproken Systems sich als rationale Functionen von z mit dem Nenner $z^\nu - 1$ darstellen lassen,

wohl in der einfachsten und übersichtlichsten Weise ein System $\mathfrak{z}_{ik}^{(1)}$ überhaupt als ein solches charakterisirt, dessen ν-malige Composition mit sich selbst das Einheitssystem liefert.[1] Nun ist eine bilineare Form:

$$\sum_{i,k} (z\delta_{ik} - \mathfrak{z}_{ik}^{(1)}) x_i y_k \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

dann und nur dann in die Form:

$$\sum_{h=1}^{h=n} (z - \zeta_h)\, \xi_h \eta_h$$

transformirbar, d. h. die n^2 Grössen $\mathfrak{z}_{ik}^{(1)}$ sind dann und nur dann in der Form:

(9) $$\mathfrak{z}_{ik}^{(1)} = \sum_{h=1}^{h=n} c_{ih} \zeta_h c'_{hk} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

darstellbar, in welcher (c_{ik}), (c'_{ik}) zu einander reciproke Systeme bedeuten, wenn die ganze Function von z, welche in dem einfachsten Ausdrucke der Reciproken von:

---

[1] Dem Wesen, wenn auch nicht der Form nach findet sich die Bedingung schon in einem vom 4. April 1887 datirten Aufsatze des Hrn. LIPSCHITZ (Acta Mathematica X, S. 137).

$$\sum_{i,k}(z\delta_{ik}-\mathfrak{z}_{ik}^{(1)})x_i y_k \qquad (i,k=1,2,\ldots n)$$

den Nenner bildet, keine gleichen Factoren enthält.[1] Da diese Reciproke für die oben charakterisirten Systeme $\mathfrak{z}_{ik}^{(1)}$ als ein Ausdruck mit dem Nenner $z^\nu-1$ erscheint, so ist die angegebene Bedingung erfüllt, und es lassen sich daher die Elemente $\mathfrak{z}_{ik}^{(\nu)}$ jedes Systems, für welches die Gleichung:

$$(10) \qquad \mathfrak{z}_{ik}^{(\nu)}=\delta_{ik} \qquad (i,k=1,2,\ldots n)$$

besteht, in der Form (9) darstellen. Die Gleichung (10) geht aber alsdann in folgende über:

$$\sum_{h=1}^{h=n} c_{ih}\zeta_h^\nu c'_{hk}=\delta_{ik} \qquad (i,k=1,2,\ldots n),$$

und hieraus resultirt, wenn man auf beiden Seiten mit $c'_{gi}c_{kg}$ multiplicirt und dann über alle Werthe von i und k summirt, die Bedingung:

$$\zeta_g^\nu=1 \qquad (g=1,2,\ldots n)$$

als eine nothwendige, welche sich aber offenbar auch als eine hinreichende erweist. In der Form (9) sind also, wenn ν die kleinste Zahl ist, für welche die n Bedingungen:

$$\zeta_1^\nu=1,\ \zeta_2^\nu=1,\ldots\ \zeta_n^\nu=1$$

zugleich erfüllt werden, alle Systeme $\mathfrak{z}_{ik}^{(1)}$ und nur solche enthalten, welche erst nach ν-maliger Composition mit sich selbst das Einheitssystem liefern.[2]

Die vorstehenden Entwickelungen, welche ganz unmittelbar aus denjenigen meiner schon oben citirten Abhandlung vom Februar 1873 und aus meinen in den Monatsberichten von 1874 veröffentlichten Mittheilungen über bilineare Formen hervorgehen, habe ich, genau in der hier auseinandergesetzten Weise, schon im Wintersemester 1875/76 und alsdann auch wiederholentlich in meinen Universitätsvorlesungen über Determinantentheorie vorgetragen. Die Darlegung der weiteren Ergebnisse, welche ich aus meiner neueren Behandlungsweise der bilinearen Formen gewonnen habe, behalte ich einer folgenden Mittheilung vor; aber einige der hauptsächlichsten will ich schon hier anführen.

---

[1] Dieser Satz ist vollständig analog demjenigen über quadratische Formen, welchen ich im art. III meiner vorhergehenden Abhandlung »über orthogonale Systeme« entwickelt und dort mit (21) bezeichnet habe. Der Beweis ist auch genau in derselben Art wie a. a. O. zu führen.

[2] Vergl. die Ausführungen in der vom Juni 1877 datirten Abhandlung des Hrn. Camille Jordan (Journal für Mathematik, Bd. 84, S. 112).

Ist $F(z)$ eine ganze Function $m$ten Grades der Variabeln z, in welcher der Coefficient von z^m gleich *Eins* ist, und setzt man:

$$F(z) = z^m - \sum_k c_{mk} z^k \qquad (k = 0, 1, \ldots m-1),$$

so werden durch die Congruenz:

$$z^r \equiv \sum_k c_{rk} z^k \left(\text{mod. } F(z)\right) \qquad (k = 0, 1, \ldots m-1)$$

die Coefficienten c_{rk} für jede positive ganze Zahl r vollkommen bestimmt. Dabei ist offenbar für $r < m$:

$$c_{rk} = \delta_{rk} \qquad (k = 0, 1, \ldots m-1),$$

und für $r = m$ stimmen die Coefficienten c_{mk} in der Congruenz mit denen von $F(z)$ überein.

Die m^2 Elemente des Systems:

$$(c_{h+1,k}) \qquad (h, k = 0, 1, \ldots m-1)$$

bilden die Coefficienten des von z unabhängigen Theiles der bilinearen Form:

$$z \sum_{k=0}^{k=m-1} x_k y_k - \sum_{k=1}^{k=m-1} x_{k-1} y_k - x_{m-1} \sum_{k=0}^{k=m-1} c_{mk} y_k ,$$

deren Determinante gleich $F(z)$ ist. Durch diese bilineare Form wird, wegen der Variabilität von z, eine Schaar repraesentirt, und zwar eine in Beziehung auf einen gegebenen Rationalitätsbereich »elementare«, d. h. nicht weiter zerfällbare Schaar, wenn $F(z)$ die Potenz einer in demselben Rationalitätsbereich irreductibeln Function von z ist.

Das in allgemeinerer Weise durch irgend welche m auf einander folgende Werthe des ersten Index charakterisirte System:

$$(c_{h+\nu,k}) \qquad (h, k = 0, 1, .., m-1)$$

entsteht aus der ν-maligen Composition des speciellen Systems:

$$(c_{h+1,k}) \qquad (h, k = 0, 1, \ldots m-1)$$

mit sich selbst. Ein solches System ist wegen der Congruenz:

$$z^{h+\nu} \equiv \sum_k c_{h+\nu,k} z^k \left(\text{mod. } F(z)\right) \qquad (h, k = 0, 1, \ldots m-1)$$

offenbar dann und nur dann das Einheitssystem (δ_{hk}), wenn $F(z)$ ein Theiler von $z^\nu - 1$ ist.

Bezeichnet man ein System von m^2 ganzen Zahlen, welches erst bei ν-maliger Composition mit sich selbst das Einheitssystem ergiebt, als ein »uneigentliches zum Exponenten ν gehörendes Einheitssystem«, so ist $(c_{h+1,k})$ ein solches, wenn ν die kleinste Zahl ist, für welche $z^\nu - 1$ durch $F(z)$ theilbar wird. Bezeichnet man ferner diejenigen

uneigentlichen Einheitssysteme als »primitive«, für welche $F(z)$ der zu ν gehörige irreductible Factor von $z^{\nu}-1$ ist, so kann man das Hauptresultat der Untersuchung dahin formuliren, dass es diese primitiven uneigentlichen Einheitssysteme sind, durch welche sich alle uneigentlichen Einheitssysteme in einfachster Weise darstellen lassen. Dabei ist noch hervorzuheben, dass sich für den Fall $F(z) = z^m - 1$ das System $(c_{h+1,k})$ auf das uneigentliche Einheitssystem:

$$(\delta_{h+1,k}) \qquad (h, k = 0, 1, \ldots m-1)$$

reducirt, in welchem aber δ_{mk} durch δ_{0k} zu ersetzen ist. Da hierdurch eine cyklische Substitution dargestellt wird, so sieht man, dass sich hier eine bemerkenswerthe, aber, wie ich glaube, noch nicht bemerkte Zerlegungsweise cyklischer Substitutionen ergiebt.

Ausgegeben am 9. September.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1890.

XLI.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

---

23. October. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. MOMMSEN.

1. Hr. KIRCHHOFF las: Bemerkungen zu Thukydides 5, 21—24.

Die Mittheilung folgt umstehend.

2. Hr. AUWERS überreichte im Auftrag des Hrn. Prof. HOLDEN, Directors der Sternwarte auf Mt. Hamilton in Californien, Copien zweier photographischen Aufnahmen der totalen Sonnenfinsterniss vom December 1889 auf der Station Cayenne durch Hrn. Prof. J. M. SCHÄBERLE.

3. Von der physikalisch-mathematischen Classe sind für wissenschaftliche Unternehmungen bewilligt: 2000 Mark der Physikalischen Gesellschaft für die Fortführung der »Fortschritte der Physik«; 6500 Mark für die Herausgabe der im Auftrage der Akademie von Prof. Dr. R. LEPSIUS in Darmstadt bearbeiteten geologischen Karte von Attika. — Von der philosophisch-historischen Classe sind bewilligt: 750 Mark der G. Reimer'schen Verlagsbuchhandlung hierselbst, als Beihülfe zur Herausgabe einer Sammlung geistlicher Schauspiele des 14. bis 16. Jahrhunderts von Hrn. Dr. BOLTE hierselbst.

4. Dem Königlichen General-Feldmarschall Grafen Dr. VON MOLTKE wurde an seinem neunzigsten Geburtstage am 26. October durch die vier Secretare die folgende Adresse überreicht.

Euer Excellenz

bittet die unterzeichnete Akademie der Wissenschaften, welche seit dreissig Jahren die Ehre hat Sie zu ihren Mitgliedern zu zählen, zu dem heutigen Ehrentage Ihnen ihren Glückwunsch darbringen zu dürfen.

Es ist ein unvergleichliches Fest, welches alle Classen und alle Kreise der deutschen Nation an diesem Tage in ihren berufensten Vertretern um Sie vereinigt. Den Mann, dem es gegeben war bei dem gewaltigen Bau der Einheit des Vaterlandes ein Eckstein zu sein, den Feldherrn des Wägens und des Wagens, den Tapferen, welcher nie den Kleinmuth und nie den Übermuth gekannt und bis in das höchste Greisenalter den klaren und festen Gleichmuth sich bewahrt hat, den Mann, der die Schlachten so zu beschreiben verstand wie zu gewinnen, den Meister des Wortes in der seltenen Rede, den einsichtigen und liebevollen Erforscher und Darsteller des mannichfaltigen Völkerlebens, den wissenschaftlichen Erkunder der Landschaften am Tiber und am Euphrat, den Mann, zu dem Deutschlands Fürsten wie Deutschlands Bürger verehrend hinaufsehen, den edlen deutschen Mann, dessen langes Leben ein langer Segen für unser Volk gewesen ist, den feiert heute an seinem neunzigsten Geburtstage mit dem ganzen Vaterland auch die Königliche Akademie.

Möge es Euer Excellenz vergönnt sein noch lange der Nation als leuchtendes Mal vor den Augen zu stehen, und ihr, die so schwer sich einigt, die einmüthige Verehrung für den grossen Mann, der keinen Feind hat, ein lebendes Zeugniss ihrer Einigung bleiben.

Die Königliche Akademie der Wissenschaften.

Die Akademie hat den Correspondenten ihrer physikalisch-mathematischen Classe Hrn. Felice Casorati in Pavia am 11. September durch den Tod verloren.

Bemerkungen zu Thukydides 5, 21—24.[1]

Von A. Kirchhoff.

Die Einleitung zum zweiten, unvollendet gebliebenen Theile des Thukydideischen Geschichtswerkes beginnt 5, 25 mit den Worten: *μετὰ δὲ τὰς σπονδὰς καὶ τὴν ξυμμαχίαν τῶν Λακεδαιμονίων καὶ τῶν* **Ἀθηναίων, αἳ** *ἐγένοντο μετὰ τὸν δεκαετῆ πόλεμον ἐπὶ Πλειστόλα μὲν ἐν Λακεδαίμονι ἐφόρου, Ἀλκαίου δ' ἄρχοντος Ἀθήνησι, τοῖς μὲν δεξαμένοις αὐτὰς εἰρήνη ἦν, οἱ δὲ Κορίνθιοι καὶ τῶν ἐν Πελοποννήσῳ πόλεων τινες διεκίνουν τὰ πεπραγμένα* u. s. w. Obwohl es möglich ist, den Relativsatz *αἳ ἐγένοντο* u. s. w. auf *τὰς σπονδὰς* und *τὴν ξυμμαχίαν* gleichmässig bezogen zu denken, so geht doch das folgende *αὐτάς*, wie die gewählte Ausdrucksform ausser Zweifel stellt, lediglich auf die *σπονδαί* zurück und ignorirt die *ξυμμαχία*, als wäre sie gar nicht erwähnt, vollständig. Es folgt daraus, dass die durch den Druck hervorgehobenen Worte ein späterer unorganischer Einschub sind, welchen die ursprüngliche Darstellungsform gar nicht kannte: von der *ξυμμαχία* war in dieser überhaupt nicht die Rede.

Einer ganz gleichen Erscheinung begegnen wir zu Anfang der eigentlichen Geschichtserzählung im 27. Capitel, wo wir jetzt das Folgende lesen: *ἐπειδὴ γὰρ αἱ πεντηκοντούτεις σπονδαὶ ἐγένοντο καὶ ὕστερον ἡ ξυμμαχία,*[2] *καὶ αἱ ἀπὸ τῆς Πελοποννήσου πρεσβεῖαι, αἵπερ παρεκλήθησαν ἐς αὐτά, ἀνεχώρουν ἐκ τῆς Λακεδαίμονος* u. s. w. Mag man hier an dem überlieferten *αὐτά* festhalten oder mit Stahl dafür *αὐτάς* einsetzen, auf jeden Fall bezieht sich der Ausdruck wiederum lediglich

[1] Die nachstehenden Bemerkungen verfolgen neben anderen den Zweck, die in den Sitzungsberichten 1883 S. 829 ff. und 1883 S. 850 ff. gegebene Darstellung zu vervollständigen und zu berichtigen. Man vergleiche zu ihnen die Auseinandersetzungen von Steup in seinen Thukydideischen Studien I 1881 S. 72 ff., mit denen ich mich in mehreren Punkten berühre. Ein näheres Eingehen auf die Controverse über das Verhältniss des 26. zum 25. Capitel des fünften Buches habe ich geglaubt mir ersparen zu dürfen: die Stellung, welche ich zu derselben einnehme, ist aus der obigen Ausführung ohne Weiteres ersichtlich.

[2] Das *αἱ ξυμμαχίαι* der Handschriften ist ein offenkundiger Schreibfehler, den Cobet berichtigt hat und an dem festzuhalten einem besonnenen Urtheile nicht zugemuthet werden kann.

auf die σπονδαί und die dem Abschluss derselben voraufgegangenen Friedensverhandlungen, zu denen allein eingeladen worden war (vergl. oben 17) und allein eingeladen sein konnte. Es ist das hier um so anstössiger, als durch den Zusatz von ὕστερον ausdrücklich betont wird, dass der Abschluss der Symmachie nicht gleichzeitig, sondern später, wenn auch nicht viel später (οὐ πολλῷ ὕστερον heisst es im 24. Capitel), als der Friedensschluss erfolgt sei, und dass dennoch, obwohl auf diese Weise im Vordersatze dieser spätere Orientirungspunkt ausdrücklich hervorgehoben worden, der Bericht des Hauptsatzes über ihn zeitlich zurückgreifend an das frühere Ereigniss des Friedensschlusses als Ausgangspunkt anknüpft, ohne von dem späteren die geringste Notiz zu nehmen. Die hervorgehobenen Worte erweisen sich also auch hier als ein späterer Zusatz.

Noch klarer ist meines Erachtens die Sache an einer dritten Stelle, welche sich in demselben 27. Capitel findet. In unmittelbarem Anschluss an die oben besprochenen Worte heisst es nämlich weiter: καὶ οἱ μὲν ἄλλοι ἐπ᾽ οἴκου ἀπῆλθον, Κορίνθιοι δ᾽ ἐς Ἄργος τραπόμενοι πρῶτον λόγους ποιοῦνται πρός τινας τῶν ἐν τέλει ὄντων Ἀργείων, ὡς χρή, ἐπειδὴ Λακεδαιμόνιοι οὐκ ἐπ᾽ ἀγαθῷ ἀλλ᾽ ἐπὶ καταδουλώσει τῆς Πελοποννήσου σπονδὰς καὶ ξυμμαχίαν πρὸς Ἀθηναίους τοὺς πρὶν ἐχθίστους πεποίηνται, ὁρᾶν τοὺς Ἀργείους, ὅπως σωθήσεται ἡ Πελοπόννησος —. 28. καὶ οἱ μὲν Κορίνθιοι διδάξαντες ταῦτα ἀνεχώρησαν ἐπ᾽ οἴκου u. s. w. Nach der Darstellung, die wir oben im 22. Capitel lesen, wurden die Verhandlungen über eine mit Athen abzuschliessende Symmachie von den Lakedaemoniern erst eröffnet, nachdem nicht nur der Friede definitiv geschlossen, sondern auch die Gesandten ihrer zum Zwecke der Friedensverhandlungen nach Sparta entbotenen Bündner bereits wieder entlassen worden waren. Ist dies richtig, wie es denn auch an sich genommen durchaus wahrscheinlich ist, so können die Gesandten der Korinther auf ihrer Heimkehr über Argos dort sich zwar auf den erfolgten Friedensschluss, unmöglich aber auf die Symmachie als eine perfect gewordene Thatsache berufen haben, da alsdann zur Zeit ihrer Anwesenheit in Argos die Unterhandlungen, welche zum Abschluss der Symmachie führten, in Sparta entweder überhaupt noch gar nicht eröffnet waren, oder im besten Falle eben erst begonnen hatten. Unter diesen Umständen müssen die Worte καὶ ξυμμαχίαν unserer Stelle ebenso gut als ein späterer Einschub betrachtet werden, wie die entsprechenden Bezugnahmen auf die Symmachie in den beiden vorhergehenden Stellen.

Ohne Zweifel rühren diese Zusätze von derselben Hand her und haben alle den gleichen Zweck im Auge. Offenbar soll durch sie einer Darstellung, welche unmittelbar nach dem Frieden des Nikias einsetzt und die auf ihn folgenden Ereignisse im Zusammenhange vor-

führt, ohne der wichtigen Thatsache des kurz darauf zu Stande gekommenen Schutzbündnisses zwischen Athen und Sparta in diesem Zusammenhange Erwähnung zu thun und den Einfluss derselben auf die Entwickelung der politischen Verhältnisse und Begebenheiten in der unmittelbar auf den Friedenschluss folgenden Periode irgend zu berücksichtigen, eine wenn auch zunächst nur rein äusserliche Bezugnahme auf diese wichtige Thatsache an der dazu passend erscheinenden Stelle eingefügt werden. In der That findet sich in der ganzen folgenden Erzählung nur später einmal, bei Gelegenheit des Berichtes über die zwischen Sparta und dem Boeotischen Bunde gepflogenen Unterhandlungen wegen der Auslieferung von Panakton, eine ganz beiläufige und nur andeutende Beziehung auf den Bestand eines Bündnisses zwischen Athen und Sparta (39. *οἱ δὲ Βοιωτοὶ οὐκ ἔφασαν ἀποδώσειν, ἐὰν μὴ σφίσι ξυμμαχίαν ἰδίαν ποιήσωνται ὥσπερ Ἀθηναίοις*; vergl. auch 42. *οἱ Ἀθηναῖοι δεινὰ ἐποίουν — πυνθανόμενοι ὅτι καὶ Βοιωτοῖς ἰδίᾳ ξυμμαχίαν πεποίηνται*, nämlich *οἱ Λακεδαιμόνιοι*; vielleicht auch 48. *αἱ μὲν σπονδαὶ καὶ αἱ ξυμμαχίαι* (vielmehr *ἡ ξυμμαχία*) *οὕτως ἐγένοντο· καὶ αἱ τῶν Λακεδαιμονίων καὶ Ἀθηναίων* (nämlich sowohl die *σπονδαί* als die *ξυμμαχία*) *οὐκ ἀπείρηντο τούτου ἕνεκα οὐδ' ὑφ' ἑτέρων*). Es folgt indessen daraus keineswegs, dass der Thatsache schon im Vorhergehenden an gehöriger Stelle Erwähnung gethan sein muss; denn dergleichen nachträgliche Angaben über Ereignisse, welche in der vorangehenden Erzählung übergangen worden waren, finden sich gerade in diesem Theile der Thukydideischen Darstellung auch sonst gemacht; so wird gleich 48. der stattgefundenen Erweiterung des ursprünglichen Schutzbündnisses zwischen Argos, Mantinea und Elis zu einem Schutz- und Trutzbündnisse gedacht (*Κορίνθιοι δ' Ἀργείων ὄντες ξύμμαχοι οὐκ ἐσῆλθον ἐς αὐτάς, ἀλλὰ καὶ γενομένης πρὸ τούτου Ἠλείοις καὶ Ἀργείοις καὶ Μαντινεῦσι ξυμμαχίας, τοῖς αὐτοῖς πολεμεῖν καὶ εἰρήνην ἄγειν, οὐ ξυνώμοσαν, ἀρκεῖν δ' ἔφασαν σφίσι τὴν πρώτην γενομένην ἐπιμαχίαν, ἀλλήλοις βοηθεῖν, ξυνεπιστρατεύειν δὲ μηδενί*), ohne dass im Zusammenhange der vorangehenden Erzählung davon die Rede gewesen wäre, so dass der genaue Zeitpunkt des Eintrittes dieses Ereignisses eben nur vermuthungsweise sich bestimmen lässt. Die Andeutungen in den Capiteln 39. und 42. sind darum auch schwerlich die Veranlassung zu den in Rede stehenden Einschiebungen gewesen; es müssen zwingendere Gründe dazu vorgelegen haben. Und solche lassen sich denn auch ohne Schwierigkeit nachweisen.

Die dem 25. unmittelbar vorangehenden Capitel 21—24, welche jetzt den Abschluss der Darstellung des zehnjährigen Krieges bilden, führen nämlich die Erzählung über das Datum des Friedensschlusses hinaus bis zum Zustandekommen des in Frage stehenden Schutzbündnisses zwischen Sparta und Athen, über welches sie ausführliche Aus-

kunft geben und dem in der Gesammtdarstellung den ihm gebührenden Platz anzuweisen offenbar ihre alleinige Aufgabe ist. Die mit dem 25. Capitel beginnende Fortsetzung greift aber über sie zurück, nimmt zum Ausgangspunkte das Datum des Friedensschlusses und ignorirt in den Anfängen ihrer Darstellung die Thatsache des in ihren Bereich fallenden Bundesvertrages vollständig in einer Weise, welche den Eindruck macht, als ob der Verfasser zur Zeit ihrer Niederschrift den Inhalt der Capitel 21—24 gar nicht gekannt oder vergessen gehabt habe. Diese Unangemessenheit und sie allein ist es offenbar, welche Veranlassung zu jenen nachträglichen Einschiebungen gegeben hat, durch welche ein ganz richtig empfundener Mangel des Zusammenhanges in der Darstellung beseitigt werden sollte. Dass dabei nicht mit besonderem Geschick verfahren worden ist, muss nach dem oben darüber Bemerkten wohl zugegeben werden, und dieser Umstand wird von Bedeutung für die Beantwortung der Frage, wann und von wem wir uns diese Zusätze gemacht zu denken haben. Noch wichtiger jedoch ist zu diesem Ende eine Analyse des Inhaltes der Capitel 21 bis 24 und ihres Verhältnisses zum Vorhergehenden und Folgenden, da gerade ihre Stellung an ihrem jetzigen Platze es ist, welche Schwierigkeiten hervorruft, die durch Beseitigung jener Zusätze nicht gehoben, sondern eher vermehrt werden.

Von Seiten ihrer Form betrachtet bilden diese Capitel ein besonderes, nach rückwärts und vorwärts sich scharf absonderndes Glied der Darstellung, welches ausgehoben oder fortgedacht werden kann, ohne dass der Zusammenhang derselben dadurch die geringste Störung erleiden würde. Denn das vorangehende 20. Capitel bildet in deutlich erkennbarer Weise den formalen Abschluss der Geschichte des Archidamischen Krieges, indem das Datum des Friedensschlusses angegeben und darauf hingewiesen wird, dass sonach die Dauer des nunmehr beendeten Krieges sich unschwer als eine nahezu zehnjährige berechnen lasse, und an diesen Abschluss würde sich die Einleitung zur Fortsetzung im 25. 26. Capitel ohne jede weitere Vermittelung durchaus passend anfügen. Der jetzt dazwischen liegende Abschnitt verfolgt auch gar nicht den Zweck, eine solche Vermittelung herzustellen, die er im Gegentheil erschwert, sondern ist seinem Inhalte nach nichts weiter als ein Anhang oder Nachtrag zur vorhergehenden Darstellung, seiner Form nach eine kurze Fortsetzung derselben, welche dann einen nochmaligen Abschluss nöthig machte, wie er zu Ende sich in den Worten gegeben findet: *καὶ τὸ θέρος ἦρχε τοῦ ἑνδεκάτου ἔτους. ταῦτα δὲ τὰ δέκα ἔτη ὁ πρῶτος πόλεμος ξυνεχῶς γενόμενος γέγραπται*, Worte, welche diejenige Auffassung des Zusammenhanges der Ereignisse von 431—404 zur Voraussetzung haben, welche in der

folgenden Einleitung zum zweiten Theile der Darstellung begründet wird, und jedenfalls erst zu einer Zeit geschrieben sein können, in der beim Verfasser sich diese Auffassung ausgebildet hatte. Was aber in dieser Beziehung von den Schlussworten gilt, hat selbstverständlich von dem ganzen Abschnitte zu gelten, dessen Niederschrift sonach ebenderselben Periode angehören muss. Veranlasst aber ist dieser Anhang oder Zusatz offenbar durch das, was seinen eigentlichen Kern und Hauptinhalt bildet, die Urkunde nämlich des Bundesvertrages zwischen Athen und Sparta, welcher auf den Friedensschluss unmittelbar gefolgt war und von dem der Verfasser Kenntniss erhalten hatte: der Text dieser Urkunde füllt das ganze 23. und den ersten grösseren Theil des 24. Capitels. Vorangeschickt ist im 21. und 22. Capitel ein kurzer Bericht über die Ereignisse, welche sich in der Zeit zwischen dem Friedensschlusse und dem Zustandekommen des Bundesvertrages zugetragen und den letzteren veranlasst haben sollen, den Schluss des 24. Capitels füllen nach zwei kurzen und unerheblichen Notizen die oben ausgehobenen Worte, durch welche der nothwendig gewordene neue Abschluss der Erzählung herbeigeführt wird.

Die Urkunde selbst entbehrt einer formellen Datirung; dass indessen der Bundesvertrag nicht gleichzeitig mit dem Friedensvertrage, dessen Urkunde in den Capiteln 18. 19 sich mitgetheilt findet, abgeschlossen und perfect geworden ist, beweist der Umstand, dass jeder der beiden Verträge, wie aus den Anhängen, mit denen beide gleichmässig versehen sind, mit Sicherheit zu folgern ist, besonders beschworen worden ist, und im Zusammenhange damit die ausdrückliche Bestimmung des Bundesvertrages: ὀμοῦνται δὲ ταῦτα οἵπερ καὶ τὰς ἄλλας σπονδὰς (d. h. den Friedensvertrag) ὤμνυον ἑκατέρων, aus der sich ergibt, dass der Bundesvertrag erst verhandelt und abgeschlossen worden ist, nachdem der Friedensschluss durch Beschwörung bereits perfect geworden war. Andererseits beweisen wieder Umstände, wie, dass beide Verträge auf dieselbe Zeitdauer von funfzig Jahren abgeschlossen und beide von denselben Personen beschworen worden sind, im Besonderen auch, dass die Bestimmungen des Bundesvertrages über die jährlich vorzunehmende Erneuerung der beiderseitigen Eide (ἀνανεοῦσθαι δὲ [τὸν ὅρκον] κατ' ἐνιαυτὸν Λακεδαιμονίους μὲν ἰόντας ἐς Ἀθήνας πρὸς τὰ Διονύσια, Ἀθηναίους δ' ἰόντας ἐς Λακεδαίμονα πρὸς τὰ Ὑακίνθια) offenbar durch ihre genauere Fassung zugleich die gleichartigen, aber zu allgemein gehaltenen Festsetzungen des Friedensvertrages (τὸν δ' ὅρκον ἀνανεοῦσθαι κατ' ἐνιαυτὸν ἀμφοτέρους) ergänzen sollen, dass die Daten beider Verträge nicht allzuweit von einander abliegen können. Mehr und Genaueres über diesen Punkt hatte auch Thukydides nicht in Erfahrung bringen können, wie aus der Bemerkung zu entnehm

ist, welche er dem Texte der Urkunde folgen lässt, und die das fehlende Datum zu ersetzen bestimmt ist: αὕτη ἡ συμμαχία ἐγένετο μετὰ τὰς σπονδὰς οὐ πολλῷ ὕστερον. So viel, freilich auch nicht mehr, liess sich, wie heutigen Tages noch, so schon damals an der Hand der Urkunden selbst feststellen, weil weitere Informationen nicht zur Verfügung standen. Sollte das letztere dennoch der Fall gewesen sein, so können diese Informationen doch nur sehr unbestimmter und unzuverlässiger Natur gewesen sein, wie die weitere Analyse der Angaben, welche gewissermaassen als Commentar der Urkunde beigefügt sind, ergeben wird.

Zuvor ist es indessen nöthig, noch einen Blick auf den Inhalt der Urkunde selbst zu werfen, von der manche Kritiker der Neuzeit anzunehmen geneigt sind, dass ihr Text uns in stark verstümmeltem und dadurch das Verständniss irre führendem Zustande überliefert sei. Dem überlieferten, im Übrigen durchaus unanstössigen Wortlaute nach, war nämlich die betreffende Symmachie ein einfaches Defensivbündniss, eine Epimachie; damit aber steht in unvereinbarem Widerspruche, wenn im 39. Capitel bei Gelegenheit des Berichtes über die Verhandlungen der Spartaner mit dem Boeotischen Bunde wegen Auslieferung von Panakton gesagt wird, die Spartaner seien auf die ihnen gestellte Forderung des Abschlusses einer besonderen Symmachie mit Boeotien nach Analogie der mit Athen bereits abgeschlossenen eingegangen εἰδότες — ὅτι ἀδικήσουσιν Ἀθηναίους, εἰρημένον ἄνευ ἀλλήλων μήτε σπένδεσθαί τῳ μήτε πολεμεῖν, und in Übereinstimmung damit im 46. Capitel als Inhalt der dem Nikias nach Sparta mitgegebenen Instruction unter anderem hervorgehoben wird, er habe die Forderung an die Spartaner zu stellen gehabt τὴν Βοιωτῶν ξυμμαχίαν ἀνεῖναι, ἐὰν μὴ ἐς τὰς σπονδὰς ἐσίωσι, καθάπερ εἴρητο ἄνευ ἀλλήλων μηδενὶ ξυμβαίνειν. Denn es kann meines Erachtens nicht dem mindesten Zweifel unterliegen, dass an beiden Stellen unter den εἰρημένα die Bestimmungen des Bündnissvertrages zwischen Athen und Sparta zu verstehen sind, auf den in der ersten im unmittelbar Vorhergehenden ausdrücklich Bezug genommen worden ist; und doch sind diese Bestimmungen die eines weiter ausgreifenden Schutz- und Trutzbündnisses, nicht einer einfachen Epimachie, und in dem überlieferten Texte der Urkunde nirgends aufzufinden. Diesen offenbaren und ehrlicherweise nicht abzuleugnenden Widerspruch hat man nun in neuerer Zeit unter Anwendung der gewöhnlichen textkritischen Mittel in zweifacher Weise beseitigen zu können gemeint. Entweder hat man nämlich den Text der Urkunde für verstümmelt erklärt und in einer angenommenen Lücke die vermuthlich fehlenden und vergeblich gesuchten Formeln eingefügt, oder die unbequemen Stellen des

39. und 46. Capitels für ganz oder theilweise interpolirt genommen und auf diese Weise den schreienden Widerspruch entweder radical beseitigt oder in eine wünschenswerthe Übereinstimmung verwandelt. Beide Auswege halte ich für unzulässig: unmöglich kann die in Athen zeitweise zur Herrschaft gelangte Partei, welche den allseitig erwünschten Frieden vermittelt hatte, nachdem der Zweck erreicht war, auch beim besten Willen, den Spartanern entgegenzukommen, dem Demos so weit gehende Concessionen zugemuthet und abgerungen haben, welche ein solches Schutz- und Trutzbündniss dargestellt hätte, und unmöglich kann andererseits ein Interpolator gedacht werden, der, wenn auch noch so naseweis und unverständig, ohne jede nachweisbare Veranlassung so consequent und eigensinnig in den Text hineingepfuscht hätte. Ist aber der überlieferte Text der Urkunde wie der späteren Erzählung unangerührt zu lassen und bleibt also der Widerspruch zwischen beiden bestehen, so folgt für jeden, der den Schriftsteller nicht für ganz unverständig und unzuverlässig halten mag, dass Thukydides, als er jene Capitel der späteren Darstellung in der vorliegenden Fassung niederschrieb, von dem Bundesvertrage zwischen Athen und Sparta nur von Hörensagen wusste und in Ermangelung genauerer Information von dem Inhalte und der Tragweite desselben eine unklare, unbestimmte und darum irrige Vorstellung hegte, und dass der unter solchen Umständen wohl begreifliche und natürliche Fehler der Darstellung stehen geblieben ist, auch nachdem der Text der Urkunde der Darstellung einverleibt worden war, dessen Kenntniss jene irrige Auffassung verhindert hätte, später aber wenigstens zu einer Berichtigung auffordern musste.

Es erübrigt nun noch, den der Urkunde beigegebenen Commentar einer Prüfung zu unterwerfen. Was zunächst die Notiz betrifft, welche der oben erwähnten Datirung als Abschluss des ganzen Berichtes hinzugefügt wird: *καὶ τοὺς ἄνδρας τοὺς ἐκ τῆς νήσου ἀπέδοσαν οἱ Ἀθηναῖοι τοῖς Λακεδαιμονίοις*, so gibt sie Kunde von einem Ereigniss, auf welches als eine vollendete Thatsache auch in der folgenden Darstellung wiederholt (Cap. 34 und 35) Bezug genommen wird. Durch die Einreihung in den Gang der zusammenhängenden Darstellung erscheint es an unserer Stelle zeitlich bestimmt und es ist nur die Frage, ob diese Datirung auf dem Grunde einer bestimmten dem Verfasser der Darstellung zugänglich gewesenen Überlieferung beruht oder lediglich als Ergebniss einer von ihm vermuthungsweise aufgestellten Combination zu betrachten ist. Ich glaube, dass wir uns für die letztere Annahme zu entscheiden haben werden. Denn wenn nach der Erzählung im 21. Capitel unmittelbar nach von beiden Seiten erfolgter Beschwörung

des Friedensvertrages die Spartaner, weil das Loos sie getroffen, die vertragsmässigen Stipulationen zuerst in Ausführung zu bringen, zunächst zwar die in ihren Händen befindlichen Kriegsgefangenen an die Athener ausgeliefert haben, die beabsichtigte Rückgabe von Amphipolis an dieselben aber auf Schwierigkeiten gestossen ist, und nun trotzdem die Athener, obwohl unter solchen Umständen dazu nicht verpflichtet, nach dem Zustandekommen des Bundesvertrages die Gefangenen von Sphakteria den Spartanern zurückgeben, so soll offenbar das Zustandekommen dieses Vertrages als der Beweggrund erscheinen, welcher ein solches Entgegenkommen von Athenischer Seite hervorgerufen habe. Danach müsste der Abschluss der Symmachie eine Concession Spartas an Athen sein, welche letzteres durch eine bis dahin verweigerte Leistung gewissermaassen bezahlt hätte. Thatsächlich fand aber gerade das umgekehrte Verhältniss statt: Athen und die damaligen Leiter seiner Politik griffen Sparta in seinen Nöthen mit der Symmachie unter die Arme und ganz richtig lässt Thukydides selbst im 22. Capitel die Unterhandlungen wegen eines Symmachievertrages von den Spartanern eröffnet werden und gibt als Beweggrund dazu die bedrohliche Gestaltung ihrer politischen Lage in der Peloponnes an. Unter solchen Umständen aber noch obenein ein in ihren Händen befindliches Pfand für die bisher noch immer nicht vollständig erfolgte Erfüllung vertragsmässiger Verpflichtungen den Spartanern auszuantworten, würde ein Verfahren sein, das eine Grossmuth oder Dummheit auf Seiten der Athener anzunehmen nöthigte, die ihnen zuzutrauen keine Veranlassung oder Berechtigung vorliegt. Der wirkliche Hergang der Dinge dürfte aller Wahrscheinlichkeit nach der gewesen sein, dass die im Frieden ausbedungenen Rückgaben nach der Bestimmung des Looses Zug um Zug erfolgten, zunächst die Auswechselung der Kriegsgefangenen stattfand, wobei die Spartaner vorangingen, die Athener unmittelbar nachfolgten, alsdann die Räumung und Rückgabe der occupirten Gebiete in Angriff genommen wurde, aber nicht zur Ausführung gelangte, weil die Spartaner, welche wieder den Reigen zu eröffnen hatten, Amphipolis zwar räumten, aber den Athenern in vertragsmässiger Weise auszuantworten nicht im Stande oder nicht gewillt waren, und die Athener darum die Räumung von Pylos verweigerten: der Bundesvertrag aber und die Verhandlungen, welche zu ihm führten, standen mit diesem Hergange und seinen einzelnen Phasen in keinem ursächlichen Zusammenhange. Dann combinirte also in diesem Falle Thukydides die ihm bekannt gewordenen Thatsachen, in Bezug auf deren chronologische Folge und Beziehung zu einander seine Informationen ihn im Stiche liessen, rein vermuthungsweise, allein er com-

binirte nicht richtig, und seine Darstellung entspricht darum nicht genau der Wirklichkeit der geschehenen Ereignisse.

Auch die als Einleitung der Urkunde vorangeschickten Capitel 21 und 22, in denen erzählt wird, was sich in der Zeit zwischen dem Friedensschlusse und dem Zustandekommen des Bundesvertrages zugetragen und den letzteren veranlasst haben soll, geben eine Darstellung, welche nicht als der Wirklichkeit entsprechend und in allen ihren Theilen auf zuverlässiger Überlieferung beruhend anerkannt werden kann. Der Form nach als einfache Fortsetzung unmittelbar an das Vorhergehende anknüpfend, dabei aber über den im 20. Capitel enthaltenen formellen Abschluss zurückgreifend und denselben, als wäre er gar nicht vorhanden, unberücksichtigt lassend, erzählen sie zunächst, dass die Lakedaemonier, weil durch das Loos dazu bestimmt, mit den im Friedensvertrage stipulirten Rückgaben den Anfang zu machen, die in ihren Händen befindlichen Kriegsgefangenen den Athenern ausgeliefert und eine aus drei Personen, deren Namen genannt werden, bestehende Gesandtschaft nach Thrakien gesendet hätten mit dem Auftrage, einmal dem Harmosten von Amphipolis, Klearidas, den Befehl zu überbringen, die Stadt an die Athener zu übergeben, sodann aber die chalkidischen Städte aufzufordern, dem Frieden unter den zwischen Sparta und Athen vereinbarten Bedingungen beizutreten; der verlangte Beitritt sei aber von diesen Städten verweigert worden, und Klearides habe sich aus gewissen Gründen ausser Stande erklärt, den ihm ertheilten Befehl seinem Wortlaute nach auszuführen, eine Weigerung, deren Motive die Lakedaemonier als begründet anerkannt und sich darauf beschränkt hätten, Klearidas mit seinen Truppen von Amphipolis nach Sparta zurückzubeordern. Fast alle diese Thatsachen werden weiter unten im 35. Capitel bei Gelegenheit des zusammenfassenden Berichtes über die im Laufe des ganzen Sommers 421 *εὐθὺς μετὰ τὰς σπονδάς* (d. h. dem Friedensschlusse) geführten Verhandlungen zwischen Sparta und Athen und der aus ihnen sich ergebenden zunehmenden Spannung des politischen Verhältnisses zwischen beiden Staaten ebenfalls erwähnt: *τὴν γὰρ Ἀμφίπολιν πρότεροι λαχόντες Λακεδαιμόνιοι ἀποδιδόναι καὶ τἆλλα οὐκ ἀπεδεδώκεσαν, οὐδὲ τοὺς ἐπὶ Θρᾴκης παρεῖχον ξυμμάχους τὰς σπονδὰς δεχομένους. — Λακεδαιμόνιοι δὲ τὰ μὲν δυνατὰ ἔφασαν πεποιηκέναι· τοὺς γὰρ παρὰ σφίσι δεσμώτας ὄντας Ἀθηναίων ἀποδοῦναι καὶ τοὺς ἐπὶ Θρᾴκης στρατιώτας ἀπαγαγεῖν* (ihres Eintreffens in Sparta unter Führung des Klearidas *μετὰ τὰς σπονδάς* ist kurz vorher im 34. Capitel nebenher Erwähnung gethan). *Ἀμφιπόλεως δ᾽ οὐκ ἔφασαν κρατεῖν ὥστε παραδοῦναι,* wobei auffallen muss, dass dies in einer Weise geschieht, die ganz den Eindruck macht, als ob hier zuerst von diesen Dingen geredet

werde und vorher ihrer noch keine Erwähnung gethan sein könne. Eigenthümlich ist unserer, der früheren Stelle, nur die genaue Angabe über die Zusammensetzung der ersten nach Thrakien abgeordneten Gesandtschaft, und gerade diese ist es, die durch ihre Verbindung mit den weiteren Angaben des 21. Capitels Schwierigkeiten bereitet, welche nicht leicht zu lösen sind. Denn da aus der Stellung, welche dem Bericht über die Abordnung der drei Gesandten nach Thrakien angewiesen ist, und dem Zusammenhang, in welchem er vorgeführt wird, unzweideutig erhellt, dass diese Abordnung erfolgt sein soll, nachdem der Friedensvertrag von den Spartanern und Athenern feierlich beschworen und somit perfect und für beide Theile verbindlich geworden war, die Gesandten Ischagoras, Menas und Philocharidas aber zur Zahl derjenigen Personen gehörten, welche nach Ausweis des Anhangsprotocolls zum Text des Friedensvertrages, das im 19. Capitel zu lesen ist, im Namen Spartas ihn beschworen hatten, so könnte Klearidas, dem diese Gesandten den Befehl zur Ausantwortung von Amphipolis an die Athener überbracht haben sollen, darüber auf keinen Fall im Unklaren gewesen sein, dass seine Landsleute sich unter diesen Umständen einer vollendeten Thatsache gegenüber befanden, an der nichts zu ändern war. Immerhin könnte er dann in solcher Lage, wie erzählt wird, *χαριζόμενος τοῖς Χαλκιδεῦσι*, welche den Beitritt zu dem über ihre Köpfe hin geschlossenen Frieden verweigerten, den ihm gewordenen Befehl nicht ausgeführt haben unter dem Vorwande *ὡς οὐ δυνατὸς εἴη βίᾳ ἐκείνων παραδιδόναι*, auch wenn die Gesandten zunächst anderer Ansicht waren. Er hatte aber alsdann sein Verhalten den Behörden in Sparta gegenüber zu rechtfertigen, und so ist begreiflich, wenn weiter erzählt wird, er habe sich eiligst in Person nach Sparta begeben, und zwar in Begleitung von Abgeordneten der Chalkidischen Städte,[1] welche ihm ja durch ihre Protestationen die Richtigkeit seiner Darstellung der Verhältnisse bestätigen und gewissermaassen als Zeugen dienen konnten, um sein Verhalten zu rechtfertigen, falls Ischagoras und Genossen, die als etwa gleichzeitig ihre Rückkehr bewerkstelligend zu denken wären, dasselbe in einer für ihn ungünstigen und ihn belastenden Weise darstellen sollten: *ἐλθὼν δ᾽ αὐτὸς κατὰ τάχος μετὰ πρέσβεων αὐτόθεν ἀπολογησόμενος — ἐς τὴν Λακεδαίμονα,*

---

[1] Dies ist offenbar der Sinn der Worte *μετὰ πρέσβεων αὐτόθεν*; auf die Spartanischen Gesandten würden sie sich nur beziehen lassen, wenn der Artikel *τῶν* hinzugefügt würde, wie von den Kritikern vorgeschlagen wird; alsdann aber würde *αὐτόθεν* ein ganz überflüssiger und völlig unbegreiflicher Zusatz sein. Dass Klearidas seine Reise nach Sparta von seinem damaligen Aufenthaltsorte antrat, ist ja selbstverständlich.

ἐαν κατηγορῶσιν οἱ περὶ τὸν Ἰσχαγόραν ὅτι οὐκ ἐπείθετο —. Wenn dann aber als weiterer Beweggrund zu diesem Schritte angegeben wird, Klearidas habe zugleich sich überzeugen wollen, ob es nicht noch möglich sei, die getroffene Vereinbarung abzuändern (καὶ ἅμα βουλόμενος εἰδέναι εἰ ἔτι μετακινητὴ εἴη ἡ ὁμολογία), und, nachdem er gefunden, dass seine Landsleute bereits engagirt, verpflichtet seien (ἐπειδὴ εὗρε κατειλημμένους, wie richtig jetzt für κατειλημμένας der Handschriften gesetzt zu werden pflegt), auf deren Geheiss und von ihnen mit neuen Instructionen versehen den Rückweg angetreten, so kann diese Motivirung des Herganges in diesem Zusammenhange nicht als zutreffend und der Wirklichkeit entsprechend anerkannt werden. Eine seinen Wünschen entsprechende Abänderung der Vertragsbestimmungen konnte Klearidas nimmermehr sich einbilden durchsetzen zu können, wenn er wusste, dass der Vertrag bereits beschworen sei, und ebensowenig hatte er in diesem Falle eine Reise nach Sparta nöthig, um die unliebsame Entdeckung zu machen, dass seine Landsleute bereits fest und in aller Form engagirt seien. Beides war nur möglich und hatte nur einen Sinn, wenn diese Ereignisse sich vor der Beschwörung des Friedensvertrages abspielten und der wirkliche Hergang etwa der folgende war: Nachdem die Friedensverhandlungen in Sparta zu einem Einverständniss, einer ὁμολογία, zwischen Sparta und Athen geführt hatten, wurden Ischagoras, Menas und Philocharidas nach Thrakien abgeordert, um den dortigen, in Sparta durch eigene Abgeordnete nicht vertretenen Bundesgenossen der Spartaner Mittheilung von dem Inhalte des Vertragsentwurfes zu machen und sie aufzufordern, sich mit den Bedingungen desselben einverstanden zu erklären. Diese Zumuthung wurde aber von den Betheiligten entschieden zurückgewiesen und ihr Widerstand fand eine Stütze an dem in Amphipolis befehligenden Offizier, Klearidas, welcher schliesslich sich ausser Stande erklärte, wider den Willen der Bündner die im Vertragsentwurfe in Aussicht genommene Übergabe von Amphipolis an die Athener seiner Zeit in Ausführung bringen zu können. Die Gesandten mussten unter diesen Umständen unverrichteter Sache nach Sparta zurückkehren, um gleich darauf bei der Beschwörung des Friedens durch die Spartaner mit Anderen als deren Vertreter zu fungiren; ihnen folgte dann Klearidas selbst und Gesandte der Chalkidier, in der Absicht und mit dem Auftrage, eine ihren Wünschen und Interessen entsprechende Abänderung der mitgetheilten vorläufigen Stipulationen zu beantragen und durchzusetzen. Sie kamen aber zu spät; als sie in Sparta eintrafen, mussten sie erfahren, dass der Vertrag von Sparta und Athen bereits beschworen und also nichts weiter zu machen sei, und Klearidas sah sich genöthigt, mit der bestimmten

Instruction versehen, Amphipolis an die Athener auszuantworten, oder, wenn ihm dies nicht möglich sein sollte, jedenfalls die Stadt zu räumen und seine Truppen nach der Peloponnes zurückzuführen, die Rückreise nach seiner Garnison anzutreten. Somit bleibt uns nur die Wahl, entweder anzunehmen, dass hier ein Bericht vorliege, der den Hergang thatsächlich correct und in dem richtigen chronologischen Zusammenhange erzählt, aber durch Einführung einer unpassenden Motivirung entstellt worden ist, oder zu setzen, dass eine ursprünglich in sich wohlzusammenhängende und widerspruchslose Erzählung dadurch zu einer widerspruchsvollen gemacht worden sei, dass der Vorfall, von dem sie berichtete, irrthümlich datirt und dadurch in einen falschen Zusammenhang mit anderen gebracht worden war. Ich selbst halte das letztere für das wahrscheinlichere. Immerhin bleibt daneben die Frage offen, ob die unleugbare Unklarheit, an der die Darstellung leidet, bereits in der für sie benutzten Quelle vorlag oder erst durch die Art der Benutzung erzeugt worden ist: und will man Thukydides eine solche Ungeschicklichkeit nicht zutrauen, so muss doch anerkannt werden, dass er im anderen Falle den Fehler seiner Quelle nicht bemerkt oder zu beseitigen gleichviel aus welchen Gründen unterlassen hat.

Wie dem nun aber auch sein möge, mit der Geschichte des Bundesvertrages und seiner Datirung hat, wie man sieht, dieser Anlauf zu einer Fortsetzung der Erzählung unmittelbar nichts zu schaffen; vom Bundesvertrage und dem, was seinem Abschlusse vorangegangen, handelt erst das folgende 22. Capitel. Hier wird nun im unvermittelten Anschluss an die zuletzt erwähnte Rückreise des Klearidas von Sparta berichtet, die Bundesgenossen, d. h. deren Abgeordnete, hätten sich in Sparta .... befunden (οἱ δὲ ξύμμαχοι ἐν τῇ Λακεδαίμονι αὐτοὶ ἔτυχον ὄντες lautet die sicher verdorbene Überlieferung unserer Handschriften); die Lakedaemonier hätten nun diejenigen von ihnen, welche den Frieden nicht hatten annehmen wollen, zum Beitritte gedrängt, die Betreffenden aber unter Berufung auf dieselben Gründe, welche gleich anfänglich (τὸ πρῶτον) ihre ablehnende Haltung bestimmt hatten, den Beitritt verweigert und günstigere Bedingungen verlangt. Gemeint sind hier die Boeoter, Korinther, Eleer und Megarer und die Haltung, welche diese Staaten bei Gelegenheit der dem Abschlusse des Friedens zwischen Athen und Sparta vorangegangenen Verhandlungen und dann der Abstimmung der Bundesversammlung zu Sparta angenommen hatten, worüber oben im 17. Capitel berichtet worden war (... τότε δὴ παρακαλέσαντες τοὺς ἑαυτῶν ξυμμάχους οἱ Λακεδαιμόνιοι καὶ ψηφισαμένων πλὴν Βοιωτῶν καὶ Κορινθίων καὶ Ἠλείων καὶ Μεγαρέων τῶν ἄλλων ὥστε καταλύεσθαι· τούτοις δ᾽ οὐκ ἤρεσκε τὰ πρασσόμενα· ποιοῦνται τὴν ξύμβασιν καὶ ἐσπείσαντο πρὸς τοὺς Ἀθηναίους καὶ ὤμοσαν, ἐκεῖνοί τε πρὸς τοὺς Λακεδαιμονίους). Da

nun die Widerspenstigen nicht zu bewegen gewesen, auf die Forderung der Spartaner einzugehen, seien die Gesandten nach Hause entlassen worden, und die Spartaner hätten ihrerseits Unterhandlungen mit den Athenern wegen Abschlusses einer Symmachie begonnen (αὐτοὶ δὲ πρὸς τοὺς Ἀθηναίους ξυμμαχίαν ἐποιοῦντο). Demnächst werden in aller Kürze die Beweggründe angegeben, welche die Spartaner zu einem solchen Vorgehen bestimmten, Furcht vor Argos, welches in eine Verlängerung des dem Ablaufe nahen Friedensvertrages mit Sparta nicht willigen wollte (ἐπειδὴ οὐκ ἤθελον Ἀμπελίδου καὶ Λίχου ἐλθόντων ἐπισπένδεσθαι), Besorgniss wegen der schwankenden Haltung der übrigen Peloponnesischen Staaten. Diese Motive sind nicht neu; es sind genau dieselben, welche im 14. Capitel neben anderen als diejenigen bezeichnet werden, welche damals die Spartaner an Frieden mit Athen denken liessen: ξυνέβαινε δὲ καὶ πρὸς τοὺς Ἀργείους αὐτοῖς τὰς τριακοντούτεις σπονδὰς ἐπ᾽ ἐξόδῳ εἶναι, καὶ ἄλλας οὐκ ἤθελον σπένδεσθαι οἱ Ἀργεῖοι, εἰ μή τις αὐτοῖς τὴν Κυνουρίαν γῆν ἀποδώσει· ὥστ᾽ ἀδύνατα εἶναι ἐφαίνετο Ἀργείοις καὶ Ἀθηναίοις ἅμα πολεμεῖν· τῶν τε ἐν Πελοποννήσῳ πόλεων ὑπώπτευόν τινας ἀποστήσεσθαι πρὸς τοὺς Ἀργείους. Unklar bleibt nur, ob an unserer Stelle jene früher mit Argos geführten und dann abgebrochenen Unterhandlungen gemeint sind, oder spätere, nach dem Abschluss des Friedens mit Athen und unmittelbar vor der Eröffnung der Verhandlungen über die Symmachie wieder aufgenommene, aber ebenfalls ergebnisslos gebliebene; die Ausdrucksform ist an unserer Stelle zu knapp und notizenhaft, als dass sich eine sichere Entscheidung gewinnen liesse. Neu sind jedenfalls die Namen der Lakonischen Unterhändler Ampelidas und Lichas. Wenn es dann nach dieser Motivirung des Vorgehens der Lakedaemonier schliesslich heisst, dass es unter diesen Umständen παρόντων πρέσβεων ἀπὸ τῶν Ἀθηναίων καὶ γενομένων λόγων zum Abschlusse des demnächst seinem Wortlaute nach mitgetheilten Symmachievertrages gekommen sei, so ist allerdings klar, dass diese Darstellung von der Auffassung ausgeht, es sei der Abschluss in Sparta erfolgt und zwar, wie es allen Anschein hat, durch eine eigene zu diesem Zwecke nach Sparta entsendete Athenische Gesandtschaft. Ob aber diese Auffassung auf einer bestimmten Überlieferung beruht oder blosser vermuthungsweiser Combination des Darstellenden ihren Ursprung verdankt, ist eine offene Frage, welche sich meines Erachtens mit Sicherheit nicht beantworten lässt: ich kann nur sagen, dass ich für meine Person nach dem Eindrucke, den die Darstellung des 22. Capitels in ihrer Gesammtheit auf mich macht, nicht glauben kann, dass dem Erzähler neben dem Texte der Urkunde weitere Quellen zu Gebote gestanden haben und er uns hier mehr gibt, als die Vorstellung, welche er durch ihn veranlasst sich von dem Hergange gebildet hatte und zum Zwecke

einer zusammenhängenden Darstellung der Ereignisse sich zu bilden unter allen Umständen genöthigt war.

Grosse Schwierigkeiten bereitet endlich die weitere Frage, in welchem zeitlichen Verhältnisse wir uns nach Meinung und Absicht des Darstellenden die im 22. Capitel erzählten Hergänge zu den im unmittelbar vorhergehenden vorgeführten stehend zu denken haben: sollen wir uns vorstellen, dass, was im 22. Capitel erzählt wird, sich mit dem im 21. Berichteten gleichzeitig zugetragen hat, oder das eins nach dem anderen sich ereignet hat? Sollen die Unterhandlungen mit den renitenten Bundesgenossen unmittelbar nach Beschwörung des Friedensvertrages in Sparta zu derselben Zeit begonnen haben, zu der die Spartaner mit der Ausführung der Friedensbedingungen den Anfang machten, indem sie die Kriegsgefangenen auslieferten und die Gesandtschaft der drei Männer nach Thrakien abgehen liessen, oder soll man den Widerspenstigen in Sparta erst dann zu Leibe gegangen sein, nachdem jene Gesandtschaft unverrichteter Sache aus Thrakien zurückgekehrt war, Klearidas seine Instruction erhalten und sich auf den Rückweg gemacht hatte? Liest man den Schluss des 21. und den Anfang des 22. Capitels im Zusammenhange, so wird man zu der Ansicht gedrängt, der Erzähler wolle das letztere sagen: *αὐτὸς* (Klearidas) *μὲν .... κατὰ τάχος ἐπορεύετο· | οἱ δὲ ξύμμαχοι ἐν τῇ Λακεδαίμονι. .. ἔτυχον ὄντες, καὶ* u. s. w.; die gewählte Verbindungsform durch die Partikeln *μὲν-δέ* scheint jede andere Deutung des Zusammenhanges unbedingt auszuschliessen. Alsdann aber muss behauptet werden, dass der Erzähler sich entschieden irrt und uns Dinge zu glauben zumuthet, welche sich in der von ihm berichteten Weise unmöglich zugetragen haben können. Wollte man es noch denkbar finden, dass die Mitglieder der nach Sparta berufenen Bundesversammlung sich nicht gleich unmittelbar nach der Ratification des Friedensvertrages zwischen Sparta und Athen auf den Heimweg begeben hätten, sondern noch während der ganzen Zeit, welche zwischen der Sendung der Gesandtschaft nach Thrakien und der Heimreise des Klearidas verstreichen musste, in Sparta verblieben seien, so ist es doch unmöglich und undenkbar, dass die Spartaner diese Zeit hätten unbenutzt lassen und die Unterhandlungen mit den den Beitritt verweigernden Bundesgenossen erst in Angriff nehmen können, nachdem sie den Klearidas expedirt hatten. Unter diesen Umständen ist es begreiflich, wenn Verehrer des Thukydides, welche nicht zugeben mögen, dass der grosse Geschichtsschreiber in seinen historischen Combinationen und Constructionen sich habe irren können, es vorgezogen haben, ihn nur unklar reden zu lassen, wo er doch das Richtige meinte. Das Mittel ist einfach: man braucht ja nur anzunehmen, dass mit jenen Anfangsworten des 22. Capitels

auf die Zeit unmittelbar nach der Beschwörung des Friedens zurückgegriffen werden solle, die Partikel δέ gar nicht in Beziehung zu jenem μέν in αὐτὸς μὲν . . . ἐπορεύετο stehe, die letzteren Worte vielmehr in zulässiger Weise für sich, ausser allem logischen Zusammenhange mit dem Folgenden stehend aufzufassen seien in dem Sinne von 'er für seine Person trat die Rückreise an (, während seine Begleiter in Sparta zurückblieben)'. Alsdann folgen die nacheinander berichteten Ereignisse nicht zeitlich auf einander, sondern laufen einander parallel, und Alles ist in erwünschter Ordnung. Leider aber fehlt in dem einleitenden Satze jede Hinweisung darauf, dass die folgende Erzählung nicht die vorhergehende fortsetzen, sondern mit ihrem Anfange zeitlich hinter dieselbe zurückgreifen und zu ihr in gar keiner Beziehung stehen solle, und ist diese unentbehrliche Hinweisung auch durch keine irgend denkbare Verbesserung des allerdings verdorbenen αὐτοί der Überlieferung zu gewinnen, wodurch das Verständniss des Gewollten geradezu unmöglich gemacht und der Leser, ohne es zu merken, verleitet wird, den Zusammenhang ganz anders aufzufassen, als es in der Absicht des Darstellenden läge: die Schuld des unvermeidlichen Missverständnisses wäre alsdann nicht auf Rechnung des Lesers und seiner mangelnden Einsicht, sondern des Darstellenden und der Ungenauigkeit oder Ungeschicklichkeit der von ihm gewählten Darstellungsform zu setzen.

Abermals also stehen wir vor einem bedenklichen Entweder, oder: entweder hat Thukydides die ihm überlieferten oder nach eigener Vermuthung gesetzten Thatsachen irrthümlich in seiner Darstellung verbunden und zu einander in Beziehung gesetzt, oder seine Erzählung leidet an einer Unklarheit des Ausdruckes, welche in einer zum Abschluss gebrachten Arbeit nicht minder, vielleicht noch mehr auffallen müsste, als jener Mangel der historischen Combination.

Es muss für den Philologen wie für den Historiker von Interesse sein, sich darüber Rechenschaft zu geben, wie die Beschaffenheit des besprochenen Abschnittes, welche durch die obige Analyse festzustellen versucht wurde, zu erklären ist und welche Folgerungen etwa daraus zu ziehen sind. Das Urtheil wird nach beiden Richtungen ganz nothwendig abhängig sein von der Vorstellung, die sich ein jeder der Urtheilenden von dem Entstehungsprocesse und der durch ihn bedingten Beschaffenheit des Thukydideischen Geschichtswerkes in seiner uns überlieferten Gestalt im Ganzen gebildet hat, und darum auch sehr verschieden ausfallen. Es ist ja bekannt,

welche bunte Mannigfaltigkeit der widersprechendsten Ansichten und Meinungen die eingehende Beschäftigung mit dieser Hauptfrage in unserer Zeit zu Tage gefördert hat, und wie wenig Aussicht vorhanden ist, dass dieser Widerstreit der Meinungen sich sobald werde beilegen lassen. Bei solcher Lage der Dinge kann ich selbst Folgerungen aus dem dargelegten Thatbestande zunächst nur unter einer noch nicht erwiesenen und anerkannten Voraussetzung ziehen, nämlich der der Richtigkeit meiner eigenen Ansicht von der Sache, welche in Kürze formulirt die folgende ist: Thukydides' Geschichtswerk, wie es uns dermalen überliefert ist, besteht aus zwei nicht in einem Zuge geschriebenen, sondern in einem zeitlichen, seiner Ausdehnung nach nicht näher bestimmbaren Abstande von einander entstandenen Theilen, einer Geschichte des zehnjährigen Krieges 431—421 (1, 1—5, 20), deren ursprüngliche Fassung später von dem Verfasser selbst nach keinem einheitlichen Plane auf verschiedene, zum Theil zufällige Veranlassungen hin durch mannigfache Zusätze verschiedenen Umfanges erweitert worden ist, ohne dass die Überarbeitung zu einem wirklichen Abschlusse gelangt wäre, und einer nach 404 geschriebenen Fortsetzung (5, 25—8, 109), welche nach der ausdrücklichen Erklärung des Verfassers bestimmt war, eine Darstellung der Ereignisse von 421—404 zu geben, aber von ihm nicht vollendet und zum grossen Theil in durchaus unfertigem Zustande hinterlassen worden ist. Aus seinem Nachlasse ist dann das ganze Werk von einem Unbekannten noch im Laufe der ersten Hälfte des 4. Jahrhunderts im Ganzen genau in der Form, in der es sich nach dem Tode des Verfassers vorgefunden hatte, herausgegeben worden, ohne dass bei dieser Gelegenheit irgend wesentliche Zusätze gemacht oder Änderungen vorgenommen worden wären, also von einer Redactionsthätigkeit des Herausgebers die Rede sein könnte. Die schriftliche Überlieferung der folgenden Zeiten hat zwar den Text durch eine in stetiger Zunahme begriffene Anzahl der gewöhnlichen Fehler entstellt, welche die unausbleiblichen Folgen und Begleiter einer solchen Überlieferung zu sein pflegen, aber eine weitergreifende Verderbniss durch willkürliches und umfassendes Eingreifen sogenannter 'Grammatiker' oder Bearbeiter hat er zu keiner Zeit zu erfahren gehabt.

Indem ich diese Auffassung von der Genesis und Beschaffenheit des Geschichtswerkes zu Grunde lege, erklären sich mir die hervorgehobenen eigenthümlichen und anstössigen Besonderheiten des zwischen beide Haupttheile eingeschobenen Abschnittes, der die Capitel 5, 21—24 befasst, einfach in folgender Weise: Als Thukydides nach dem Kriege an die Ausarbeitung seiner geplanten Fortsetzung ging und zunächst die Darstellung der Ereignisse in der Zeit un-

mittelbar nach dem Friedensschlusse von 421 zu skizziren begann, besass er über das Datum des Abschlusses jenes Defensivbündnisses zwischen Athen und Sparta, welches unmittelbar nach dem Frieden zu Stande gekommen war, gar keine, über seinen Inhalt und seine Tragweite nur ganz allgemeine und vielleicht irreführende Informationen, so dass er darauf verzichten musste, diese Thatsache in den chronologischen Zusammenhang der darzustellenden Ereignisse an bestimmter Stelle einzuordnen, und sich begnügte, ihrer da nebenher zu erwähnen, wo die ihm zur Verfügung stehenden Berichte bei anderen Gelegenheiten darauf Bezug nahmen. Als dann später der Text der Bundesurkunde selbst zu seiner Kenntniss gelangte und nun nachträglich Verwendung finden sollte, würde die Einfügung der Urkunde und dessen, was aus ihr zu entnehmen war und durch sie nothwendig wurde, an der Stelle, welche ihre Chronologie verlangte, also gleich zu Anfang der beim Zeitpunkte des etwas früheren Friedensschlusses einsetzenden Fortsetzung, eine vollständige und durchgreifende Umarbeitung dieser Partie nothwendig gemacht haben. Thukydides zog es darum, vielleicht auch noch aus anderen Gründen, vor, der Urkunde sammt dem ihr nothwendig beizugebenden Commentar die Form einer Fortsetzung des ersten Theiles bis zum völligen Ende des zehnten und dem Anfange des nunmehrigen elften Kriegsjahres zu geben, und bestimmte diesen Zusatz, als Bindeglied zwischen dem ersten Theil und seiner Fortsetzung eingeschaltet zu werden. Allerdings würden nach Vollzug dieser Einfügung Einleitung und Beginn der Fortsetzung zeitlich über den nunmehrigen Abschluss des Vorhergehenden zurückgegriffen haben, ohne auf den Inhalt des Neuhinzugekommenen Bezug zu nehmen, was nicht zulässig erscheinen konnte. Dem Verfasser entging das auch keineswegs; vielmehr wies er ausdrücklich sich selbst an den drei Stellen, von denen ich oben ausgegangen bin, durch an den Rand gesetzte Notizen darauf hin, dass hier die geeigneten Ergänzungen vorzunehmen sein würden, wobei es ihm passirte, dass er an der dritten Stelle einen kleinen Irrthum beging, indem er, ohne es zu bemerken, sich mit seiner eigenen Darstellung im Vorhergehenden in Widerspruch setzte. Ohne Zweifel würde er bei endgültiger Feststellung des Wortlautes seiner Darstellung diesen Irrthum bemerkt und beseitigt haben und ebenso auch dafür Sorge getragen haben, dass der von ihm noch nicht bemerkte Widerspruch verschwand, der, wie oben hervorgehoben wurde, zwischen seiner eigenen ungenauen Angabe über den Inhalt des Bundesvertrages an einer späteren Stelle und dem Zeugniss der Urkunde selbst nach deren Einfügung hervorgetreten war. Es war aber dem Geschichtsschreiber nicht beschieden, seine Arbeit zu Ende

zu führen, und er hat nicht verhindern können, dass bei Gelegenheit der Herausgabe seines unvollendeten Werkes jene Randnotizen in rein mechanischer und verständnissloser Weise dem Texte einverleibt worden sind, ähnlich, wie das auch an anderen Stellen geschehen ist, z. B. mit jenem πρώτῳ am Schlusse des 20. Capitels, um einen im eigentlichsten Sinne naheliegenden Fall anzuführen.

Trifft aber diese Auffassung im Wesentlichen das Richtige, so gewinnt damit der Philologe wie der Historiker einen Einblick in die Werkstatt des Mannes und man überzeugt sich leicht, wie ungerecht und unbillig es sein würde, das Urtheil über seinen Werth und seine Bedeutung als Historiker wie als Stilist durch Mängel der Darstellung und des Ausdruckes, wie die besprochenen, beeinflussen zu lassen.

Ausgegeben am 30. October.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1890.

XLII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

---

30. October. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. E. du Bois-Reymond.

1. Hr. Beyrich las einen Bericht des Hrn. Prof. Dames über eine mit Unterstützung der Akademie angestellte Untersuchung der Schichtenfolge der Silurbildungen Gotlands und deren Beziehungen zu obersilurischen Geschieben Norddeutschlands.

2. Hr. Schwendener machte eine weitere Mittheilung über die optisch anomale Reaction des Traganth- und Kirschgummis.

Beide Mittheilungen folgen umstehend.

3. Hr. Kronecker überreichte im Auftrag des Hrn. E. Lampe das Schlussheft (Nr. III) des von ihm in Gemeinschaft mit dem am 26. September verstorbenen Hrn. Max Henoch herausgegebenen XIX. Bandes (Jahrgang 1887) des Jahrbuchs über die Fortschritte der Mathematik.

Über die Schichtenfolge der Silurbildungen Gotlands und ihre Beziehungen zu obersilurischen Geschieben Norddeutschlands.

Von W. Dames
in Berlin.

(Vorgelegt von Hrn. Beyrich.)

Seitdem man nach dem Vorgange Leopold von Buch's, Quenstedt's, Beyrich's und namentlich Ferdinand Römer's sich nicht mehr damit begnügt, die in den erratischen Blöcken oder Geschieben sedimentärer Entstehung enthaltenen Versteinerungen nur zu bestimmen und neue Arten daraus zu beschreiben, sondern seitdem man das Hauptaugenmerk darauf richtet die Heimath derselben aus dem Vergleich mit noch vorhandenen anstehenden Schichten Scandinaviens, der russischen Ostseeprovinzen und der dazu gehörigen Inseln der Ostsee und somit auch die Richtung ihres Transportes kennen zu lernen, ist es Vorbedingung für den Erfolg einer derartigen Behandlung der Geschiebekunde, zunächst die erwähnten Ablagerungen an Ort und Stelle zu studiren. Nachdem von mir zu diesem Zweck mehrfache Reisen nach Schweden und Estland nebst Oesel in früheren Jahren ausgeführt waren, machte sich der Wunsch geltend, auch die Insel Gotland kennen zu lernen, dieses classische Gebiet für die obersilurischen Ablagerungen Scandinaviens, das durch seinen Petrefacten-Reichthum seit langer Zeit berühmt ist. Im verflossenen Sommer nun sollte dieser Wunsch in Erfüllung gehen Dank einer von der Königlichen Akademie der Wissenschaften gewährten Reiseunterstützung, für welche ich meinen ehrerbietigsten Dank auszusprechen mir erlaube. Die Reise selbst konnte ich unter der ebenso liebenswürdigen wie lehrreichen Führung meines hochverehrten Freundes, Hrn. Prof. Dr. G. Lindström, ausführen, wodurch es möglich wurde in verhältnissmässig kurzer Zeit einen klaren und übersichtlichen Einblick in den Schichtenbau Gotlands zu gewinnen, da ich keine Zeit mit dem Aufsuchen von deutlichen Profilen und reichen Fundstellen zu verlieren brauchte. Auch ihm sage ich meinen aufrichtigen und herzlichen Dank.

Gerade jetzt war ein Besuch Gotlands von besonderem Interesse, da vor kurzem der alte Streit über die dortige Schichtenfolge zwischen unseren berühmtesten Forschern auf diesem Gebiet, G. Lindström und Fr. Schmidt, von Neuem entbrannt ist. Ersterer legte seine Auffassung nieder in einem »Über die Schichtenfolge des Silur auf der Insel Gotland«[1] betitelten Aufsatz, letzterer gab eine Erwiderung hierauf in einem Artikel »Bemerkungen über die Schichtenfolge des Silur auf Gotland«[2].

Auf die ältere Litteratur über die Geologie Gotlands ist hier nicht näher einzugehen. Eine Zusammenstellung derselben findet sich in einer älteren Abhandlung Fr. Schmidt's »Beitrag zur Geologie der Insel Gotland«[3].

Seitdem ist zwar die Litteratur über einzelne palaeontologische Gebiete der dortigen Fauna namentlich durch zahlreiche wichtige Abhandlungen G. Lindström's bereichert worden, und in ihnen finden sich auch manche Bemerkungen über die Schichtenfolge, aber über letztere allein sind nur die genannten Abhandlungen vorhanden, auf welche weiter unten ausführlicher einzugehen sein wird.

Nur kurz sei der Kernpunkt, um den es sich bei der Streitfrage, die fast so alt, wie das Studium der Geologie Gotlands selbst ist, hervorgehoben. Die eine Ansicht ist zuerst von Murchison ausgesprochen. Er glaubte auf der Insel von Nord nach Süd fortschreitend die 3 englischen Obersilur-Glieder, Wenlock, Aymestry und Ludlow wieder gefunden zu haben, und zwar so, dass die Schichten im Norden der Insel unter die im Süden einfielen, dass also bei einem Streichen der Schichten von Nordnordost nach Südsüdwest ein Einfallen nach Südsüdost zu beobachten sei, somit die jüngsten Schichten die Südspitze der Insel bildeten. Dem ist Fr. Schmidt mit der Modification gefolgt, dass er das Streichen in Nordost-Südwest änderte. Er gliederte die Schichten in seiner ersten Arbeit in 4 Zonen, in die nordwestliche oder Wisby-Zone, die mittlere, die wiederum in die zwei Unterzonen des *Pentamerus estonus* und des *Pentamerus conchidium* zerfällt, und in die südöstliche oder Ludlow-Zone. In seiner letzten Arbeit ist diese Eintheilung im Wesentlichen beibehalten, nur wird die mittlere Zone aufgelöst. Die Unterzone des *Pentamerus estonus* hebt er auf, die des *Pentamerus conchidium* zieht er zur südlichen Zone.

Die dieser Auffassung schroff gegenüberstehende, andere Ansicht hat ihre Vertreter in Hisinger, v. Helmerssen, F. Römer, Angelin und G. Lindström. Nach ihr lagern die Schichten Gotlands nahezu hori-

[1] Neues Jahrbuch f. Mineralogie, Geologie und Palaeontologie 1888. Bd. I S. 147 ff. t. 5.
[2] ebenda Bd. II. S. 249 ff.
[3] Archiv für die Naturkunde Liv-, Ehst- und Kurlands 1. Serie Bd. II. 1859.

zontal, nur gering nach Osten einfallend. Die faunistischen Verschiedenheiten in denselben Horizonten der nördlichen nnd südlichen Theile der Insel werden theils durch Facies-Verschiedenheiten, theils durch wechselnde petrographische Ausbildung erklärt.

Wenn ich mich dieser letzteren Deutung auf das Entschiedenste anschliesse, so beruht dies einmal auf den thatsächlich beobachteten Lagerungsverhältnissen und weiter auf allgemeinen Betrachtungen. Nach dem, was ich unter G. Lindström's belehrender Führung gesehen habe, unterliegt es für mich keinem Zweifel, dass die Schichten thatsächlich horizontal liegen, vielleicht mit einem sehr unbedeutenden Einfallen nach Osten und mit einer ebenso unbedeutenden Senkung nach Süden.

Während Fr. Schmidt, von seiner abweichenden Auffassung der Lagerungsverhältnisse ausgehend, die crinoidenreichen Kalke auf mehrere Horizonte zu vertheilen geneigt ist und hierbei namentlich auf das Vorkommen des *Pentamerus conchidium* in einer bestimmten NO.—SW. etwa durch die Mitte der Insel streichenden Zone Gewicht legt,[1] sehe ich mit G. Lindström die gesammten Crinoidenkalke für ein und demselben Horizont angehörend an. Wenn man auf der Spitze des Klintbergs, einer der Hauptfundstellen des genannten Brachiopods, steht, so kann man mit dem Auge deutlich verfolgen, dass die Crinoidenkalke ununterbrochen und ohne Neigung bis an die Westküste, wo *Pentamerus conchidium* noch nicht gefunden ist, fortsetzen; von einer Überlagerung ist nichts zu sehen. Wenn ferner, was Fr. Schmidt besonders betont, die Crinoidenkalke am Jakobsberg östlich Wisby höher über dem Meeresniveau liegen, als an der Ostküste, so erklärt sich das aus einer etwas bedeutenderen Mächtigkeit der Schichten und einer Auftreibung derselben, nicht aber aus einer Überlagerung, denn auch hier kann man sich leicht überzeugen, dass die Crinoidenkalke ununterbrochen bis Wisby fortsetzen, und dass sie sowohl hier wie dort von Mergeln unterlagert werden. Dass aber gerade hier die Schichten sich zu einem flachen Sattel erheben, ist dadurch bewiesen, dass, wie G. Lindström zuerst beobachtet hat, an der Küste von Wisby auf einige Meilen Erstreckung die Schichten mit *Stricklandinia lirata* zu verfolgen sind, welche sich sonst nicht über das Meeresniveau erheben. Solche locale Abweichungen von

[1] Wenn Fr. Schmidt *Pentamerus conchidium* mit dem Leitfossil des englischen Aymestry, *Pentamerus Knighti*, identificirt und daraufhin für die Schichten mit *Pentamerus conchidium* dasselbe Alter in Anspruch nimmt, so ist zu bemerken, dass auch Lindström für diese Schichten die Aequivalente im englischen »Aymestry or Ludlow« sucht, hierin zwischen beiden Autoren also keine Verschiedenheit der Ansicht besteht. Immerhin bedarf aber die Identificirung der beiden genannten Arten noch des Nachweises. Nach dem hier zum Vergleich vorhandenen Material möchte ich sie bezweifeln,

der horizontalen Lage sind längst bekannt, und Lindström hat davon genaue Beschreibungen gegeben;[1] sie können aber die Deutung des allgemeinen Schichtenbaus nicht beeinflussen. Ein weiterer Einwurf Fr. Schmidt's betrifft die Thatsache, dass bei Östergarn, an der Ostküste, die sonst in einem bedeutend höheren Niveau anzutreffenden Megalomen-Bänke auf kurze Erstreckung hin das Meeresufer bilden, das im Übrigen von den, die Crinoidenkalke unterlagernden Mergeln und dünnen Kalkbänken zusammengesetzt wird. Ich habe die Stellen besuchen können, und es besteht für mich nicht der geringste Zweifel, dass man es mit abgerutschten Schollen zu thun hat. Wenn man von Östergarn nach dem Hafen Katthammarsvik geht, gewahrt man an einer Wegkreuzung die typischen blauen Mergel durch eine Brunnengrabung aufgeschlossen. Etwas näher am Strande ragen in einem wenig tieferen Niveau aus einem Grasplatz kleine Felsen von Stromatoporenkalken hervor und im Meeresniveau liegen dann die Megalomenkalke.

Letztere, als Unterlage der Stromatoporenbänke, finden sich aber in einem bedeutend höheren Niveau regelmässig horizontal gelagert am Gannberg. Die ganze Art ihres jetzigen Vorkommens am Strande weist gebieterisch zu der Annahme, dass sie durch Unterwaschung von den Massen des Gannbergs abgerutscht sind und in ein tieferes Niveau gebracht wurden.

[illegible] Umgegend von Östergarn lässt solche abgerutschte [illegible] Stellen klar beobachten. So sahen wir [illegible] Östergarn, einen mächtigen [illegible] Stromatoporen-Schollen [illegible] mit starker Neigung [illegible] Crinoidenkalken. [illegible]

[illegible]

zeichnenden Horizont der Crinoidenkalke als ein und demselben Schichtensystem angehörig aus, so ergiebt sich von selbst die Gleichalterigkeit der darunter liegenden Schichten, und man wird mit G. Lindström die petrographischen und faunistischen Veränderungen, die dieselben von Nord nach Süd allmählich erleiden, sehr wohl auf Rechnung von Facies-Verschiedenheiten setzen dürfen; dann wird man auch kein Bedenken mehr hegen den Sandstein im Meeresniveau an der Südspitze bei Hoburg als gleichzeitige Bildung mit den Mergeln und plastischen Thonen weiter nördlich und ebenso die darüber liegenden Oolithe als Aequivalente der nördlich entwickelten dünnen Kalkbänke mit Mergelzwischenlagen anzusprechen, kurz, sich der von G. Lindström gegebenen Darstellung dieser Verhältnisse voll und ganz anzuschliessen.

Es ist aber noch, wie oben erwähnt, ein zweites Bedenken mehr allgemeiner Art, welches der Annahme des Murchison-Schmidt'schen Auffassung entgegen steht. Nach den Untersuchungen von Linnarsson, Schmidt und Holm, zu welchen auch ich selbst einen ergänzenden Beitrag in einer früheren Arbeit lieferte, stellen die silurischen Schichten Ölands und Gotlands einerseits Estlands mit den dazu gehörigen Inseln, namentlich Moon und Ösel, andererseits, die Reste eines grossen, ehedem den grössten Theil des heute von der östlichen Ostsee eingenommenen Silur-Gebietes dar, in welchem die Schichten muldenförmig abgelagert waren, und zwar so, dass sie flach nach dem Muldencentrum hin einfallen. Öland und Gotland sind danach Theile des westlichen Muldenrandes, Estland nebst Ösel Theile des östlichen. Öland sowohl wie Gotland haben ihre Hauptlängenausdehnung in der Richtung NNO.—SSW., liegen einander also fast parallel. Die Schichtenlage und -Folge auf Öland ist namentlich durch Linnarsson's grundlegende Arbeiten vollkommen klargelegt. Man weiss, dass die Schichten in der Längsrichtung der Insel streichen, flach nach Osten einfallen und sich dabei sanft nach Norden senken, so dass die cambrischen Schichten, welche im südlichen und mittleren Theil der Insel aus dem Meere hervorragen, im nördlichen unter den Meeresspiegel getaucht sind. Mit dieser Lagerung stimmt diejenige Gotlands nach G. Lindström'scher Auffassung vortrefflich überein. Die dem Centrum der Mulde mehr genäherte Lage Gotlands bedingt ein noch flacheres, dem Horizontalen nahekommendes Einfallen nach Osten, wie ich es thatsächlich beobachtet zu haben glaube; jedenfalls treten die tiefsten Schichten nur an der Westküste bei Wisby über den Meeresspiegel, auch liegen die Crinoidenkalke hier etwas höher als an der Ostküste, z. B. bei Slite. Man würde bei einer rein hypothetischen Reconstruction der ostbaltischen Silurmulde

von Öland ausgehen; für die Stelle, die Gotland jetzt einnimmt, genau dieselben Profillinien, welche sich thatsächlich beobachten lassen, zu ziehen haben, wenn die Insel nicht mehr vorhanden wäre. Man werfe nicht ein, dass Gotland im Gegensatz zu Öland im Norden höher ist als im Süden. Das hat darin seinen Grund, dass im nördlichen Theil noch die jüngsten Schichten vorhanden sind, welche durch Abtragung im Süden zerstört wurden. Wollte man aber die Schmidt'sche Auffassung der Lagerungsverhältnisse Gotlands annehmen, so wäre es schwierig, dieselben mit derjenigen Ölands in Einklang zu bringen. Denn wenn man sich die Streichrichtung, so wie Fr. Schmidt sie auffasst, von Gotland bis Öland verlängert denkt, so trifft sie mit derjenigen Ölands in einem spitzen Winkel zusammen, was für Theile eines und desselben Muldenflügels doch nur durch Dislocationen umfassender Art erklärbar würde, von denen sich bisher keine Spur hat nachweisen lassen.

Ich gehe nun nach Darlegung der Gründe, welche mich zu einer Ablehnung der Schmidt'schen und zu einer Annahme der Lindström'schen Auffassung bewogen haben, zu einer Besprechung der Schichtenfolge über, wie sie der letztgenannte Autor in der angeführten Abhandlung niedergelegt hat. Er theilt das gotländer Obersilur in 8 Horizonte, die er mit den Buchstaben *a* bis *h* bezeichnet.

Die Schicht *a* (rother Mergelschiefer mit Korallen und Trilobiten) ist anstehend nicht, wohl aber aus Auswürflingen des Meeres an der Westküste, namentlich bei Wisby, bekannt. Ebenso ist die Schicht *b* (Mergel mit *Stricklandinia lirata*) nur auf etwa 20^{km} nördlich von Wisby am Strande zu verfolgen, wo sie nach Lindström in Gestalt eines flachen Bogens sich nur wenige Meter über den Meeresspiegel erhebt. Anders verhält es sich mit der folgenden Schicht *c* (jüngere Mergelschicht und Sandstein vom Alter des Wenlock Shale), welche in Verbindung mit der darüberliegenden Schicht *d* (Kalksteinschichten mit Mergelbändern), die dem Wenlock Limestone aequivalent gilt, den Strand fast der ganzen Insel bildet und auch ausgedehnte Gebiete in ihrem Innern einnimmt, wo die höheren Schichten fortgeführt sind, so namentlich im Centrum und im südlichen Theil. Die Schicht *c* bekommt von Nord nach Süd ein anderes Aussehen und umschliesst nach G. Lindström fünf verschiedene, von ihm als gleichzeitig angesehene Faunen, von denen die südliche in reinem Sandstein liegt. Ähnlich, wenn auch nicht so in die Augen fallend, ist der Wechsel der Faunen in der Schicht *d*, welche nach Süden in oolithische Gesteine und dann in typische Oolithe übergeht. Hierher gehören auch eigenthümliche feste graue Kalksteine der Ostküste mit *Ilionia prisca* Hisinger sp. und zahlreichen Orthoceren. — Bisher

nicht überall nachgewiesen, aber scharf von der unterliegenden Schicht getrennt, folgt nun die »*Pterygotus*-Schicht« (*e*), der Basis des englischen Ludlow verglichen, welche durch den enormen Reichthum an Anneliden-kiefern ausgezeichnet ist, die Hinde beschrieben hat. Ferner führt sie *Pterygotus osiliensis* und einige andere Crustaceen. G. Lindström nimmt sehr mit Recht an, dass sie in der unmittelbaren Nähe eines Ufers gebildet wurde, was auch durch eine darüberliegende eigenthümliche Bank dargethan ist, welche ganz und gar aus Strandgeröllen besteht, die durch ein kalkiges Bindemittel verkittet sind.

Die drei folgenden Schichten (*f*, *g*, *h*) bilden das, was G. Lindström früher »den obersten Kalkstein« nannte. Jetzt theilt er ihn ein in *f*. Crinoiden- und Corallenconglomerat, *g*. *Megalomus*-Bänke, *h*. Cephalopoden- und Stromatoporen-Schichten, wobei *f*. dem Aymestry oder Ludlow, *h*. dem Upper Ludlow parallelisirt wird.

Die Schicht *f* bildet den am leichtesten zu verfolgenden und überall verbreiteten Horizont. Die ausgezeichneten, bald grauen, bald rothen Crinoidenkalke bestehen fast ausschliesslich aus Stielgliedern, die verkittet sind. Selten sind Kelche, welche in ungewöhnlicher Häufigkeit bei Follingbo, östlich Wisby, vorkamen. Von hier aus stammt weitaus die Mehrzahl der 175 von Angelin beschriebenen Arten. Zuweilen erscheinen Korallen in grösserer Zahl; an einzelnen Stellen, wie bei Lau, werden die Schichten mergeliger und enthalten dann zahlreiche zierliche Fossilien. — Die *Megalomus*-Bänke (*g*) sind aus einem harten körnigen Kalk zusammengesetzt, dessen Schichtflächen oft ganz und gar mit den grossen Schaalen des *Megalomus gotlandicus* bedeckt sind. Daneben erscheint das riesige Brachiopod, *Trimerella*, wie G. Lindström beobachtet hat, im Süden die Megalomen ganz ersetzend. Während die *Megalomus*-Bänke kaum mächtiger als 4^{m} werden, steigt die Mächtigkeit der Schicht *h* auf 10^{m} und mehr. Sie besteht meist aus undeutlich, oder gar nicht geschichteten Kalken, die zum Theil auf weite Strecken ganz aus Stromatoporen aufgebaut sind. Mit diesen zusammen erscheinen feinkörnige Mergel-Schichten und namentlich dichte Kalke, theils graugrünlich, theils (im südlichen Gotland) roth gefärbt. In diesen dichten Kalken liegen die so schön erhaltenen Gastropoden und Cephalopoden, welche ein bedeutendes Contingent für die in den beiden letzten, grossen und schönen Abhandlungen G. Lindström's[1] beschriebenen Faunen gestellt haben.

[1] On the silurian Gastropoda and Pteropoda of Gotland. With 21 Plates. Stockholm 1884 (K. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar. Bandet 19 No. 6). — The Ascoceratidae and the Lituitidae of the upper silurian Formation of Gotland. With 7 Plates. Stockholm 1890 (ibidem Bandet 23 No. 12).

Nach dem, was mir unter G. Lindström's Führung auf Gotland zu sehen vergönnt war, glaube ich, dass an seiner, oben kurz skizzirten Eintheilung sich nichts ändern wird und sie den natürlichen Verhältnissen überall entspricht, soweit es die Schichten *a* bis *e* einschliesslich betrifft. Die oberen Schichten *f* bis *h* glaube ich ein wenig anders auffassen zu dürfen, wenn ich mir auch nicht verhehle, dass es gewagt erscheint, auf Grund eines immerhin kurzen, wenn auch sehr lehrreichen Besuchs von der Auffassung des Gelehrten abzuweichen, welcher sich durch jahrelange eingehende Untersuchungen mit den kleinsten Einzelheiten der Geologie Gotlands vertraut gemacht hat. Auch kann ich meine Ansicht ja nur für eine beschränkte Anzahl von Localitäten geltend machen. Es bleibt der Zukunft überlassen, zu entscheiden, ob sie auf das ganze Gebiet ausdehnbar ist.

Das Wesentliche meiner Auffassung der obersten Schichten *f* bis *h* liegt darin, dass ich die Crinoidenkalke und die Stromatoporenbänke für wesentlich gleichalterig halte und in den von ihnen gebildeten Horizont auch die *Megalomus*-Bänke einbeziehe, und dass ich ferner die Cephalopoden führenden Schichten auf zwei Horizonte vertheile, von denen ich den einen mit G. Lindström als zu den Stromatoporenbänken gehörig, den anderen jedoch alle übrigen Schichten überlagernd und somit die jüngste Schicht Gotlands darstellend ansehe. Die Beobachtungen, auf welche sich diese Gliederung stützt, sind folgende: Bei Hoburg, an der Südspitze der Insel, sieht man in den unteren Theilen des Crinoidenkalkes eine Einlagerung eines knolligen Kalkes mit Stromatoporen und *Ascoceras bohemicum* Barr. — Es ist dieselbe Localität, welche G. Lindström l. c. pag. 161 erwähnt. Es heisst dort: »Sie (nämlich die Cephalopoden- und Stromatoporen-Schichten) bilden dort die oberste Decke, mit Ausnahme der Südspitze bei Hoburg, wo eine Schicht rother Crinoidenkalke mit *Crotalocrinus* etc., möglicherweise in Folge einer Inversion zu oberst liegt und den Cephalopoden-Kalkstein bedeckt.«

Ich glaube nicht, dass hier eine Überkippung vorhanden ist, die bei der regelmässigen horizontalen Lage der Schichten dort und in der Umgegend auch schwer zu erklären wäre, sondern sehe die Cephalopodenkalke als eine von Crinoidenkalken vollkommen umgebene Einlagerung in dieselben an, da in den Crinoidenkalken selbst keine Störung wahrzunehmen ist. Ferner konnte ich solche Einlagerungen von Stromatoporenschichten in Crinoidenkalken in der Nähe des Gehöfts Bomunds i Burgen im Kirchspiel När an mehreren Stellen beobachten, am deutlichsten jedoch an einem Steilabfall östlich von Lau an der Strasse von När nach Ardre. Der Abfall besteht aus regelmässig horizontal geschichteten Crinoidenkalken, in

welchen, durch verschieden lange Zwischenräume getrennt, knollige Kalke mit Stromatoporen felsartig sich erheben. Mit jeden Zweifel ausschliessender Sicherheit liess sich hier die horizontale Anlagerung an die knolligen Kalke feststellen; die Grenze zwischen beiden war stets scharf. Einzelne dieser Felsen ragten wie vorspringende Thürme einer Festungsmauer hervor, weil die benachbarten Crinoidenkalke schneller der Verwitterung unterlegen sind, und erstreckten sich auch mehrfach bis zur obersten Schicht der Crinoidenkalke. Andere waren noch von letzteren bedeckt. Am grossartigsten jedoch sind in dieser Beziehung die Tafelberge entwickelt, welche die Umgebung der an der Ostküste Gotlands liegenden Ortschaft Östergarn auch landschaftlich auszeichnen. Der Gannberg südlich von dem Gehöft Gutenviks gelegen, zeigt folgendes Profil. Über dem mit Gehängeschutt bedeckten Fuss folgen zwei oder drei wenig mächtige Bänke mit *Megalomus*, durch mächtige Stromatoporenbänke getrennt, dann folgen Crinoidenkalke mit schönen grossen *Crotalocrinus*-Stielgliedern, und das Plateau wird aus dünngeschichteten hellen Crinoidenkalken gebildet, deren Bestandtheile meist von kleineren Arten herzurühren scheinen. Ganz ähnlich wie der Gannberg ist auch der Berg Kuppen, östlich von Östergarn zusammengesetzt, nur mit dem Unterschiede, dass die obersten Schichten der Crinoidenkalke hier roth sind, aber auch hier dünngeschichtet. Dicht dabei sind sie in einer wohl einen Quadratkilometer einnehmenden Partie bis in das Meeresniveau abgesunken. Auch war am Kuppen sehr schön zu sehen, wie eine mächtige Felsenmasse ursprünglich horizontal gelagerter Crinoiden- und Stromatoporenkalke durch Fortführung der unterlagernden weicheren Gesteine aus der horizontalen Lage in eine dem Meere zu geneigte gebracht ist. Dass der isolirte Thorsborg ebenso zusammengesetzt ist wie die Tafelberge um Östergarn, hat Fr. Schmidt in seiner ersten Arbeit schon erwähnt (a. a. O. S. 449). — Sämmtliche bisher erwähnten Vorkommen von Stromatoporenschichten scheinen mit Ausnahme von Hoburg nach den Fundortsangaben G. Lindström's in den beiden angeführten Abhandlungen Gastropoden und Cephalopoden kaum geliefert zu haben, wohl aber ist dies der Fall mit Sandarfve Kulle und Linde Klint, zwei isolirten Bergen nördlich von Fardhem, welche ungewöhnlich reich an Gastropoden und Cephalopoden sind. Wir haben nur Sandarfve Kulle besucht. Da aber nach G. Lindström's Mittheilung Linde Klint genau ebenso beschaffen ist, so kann die folgende Beschreibung für beide gelten. In der oben erwähnten Gastropoden-Monographie S. 12 beschreibt Lindström dieselben mit folgenden Worten: »Some isolate hills as Sandarfve and Linde Kullar partially consisting of cristalline, crinoidal limestone, partially

a conglomerate of larger or smaller pieces of corals and Stromatoporae and partly fine, earthy, red and gray limestone beds. The last are remarkably rich in shells of Cephalopoda and Gastropoda.«

Sandarfve Kulle fällt nach NW. steil ab, nach SO. sanfter. Die eine Seite des Berges besteht aus Crinoidenkalken, die unten dickbankig, oben dünngeschichtet sind. Die andere Seite ist aus den erwähnten Stromatoporenkalken und den dichten, rothen oder grauen Kalken zusammengesetzt.

Da letztere schwach nach SO. einzufallen scheinen, war ich zuerst geneigt, sie als die hangenden Schichten der Crinoidenkalke anzusprechen. Nachdem ich die oben erwähnten anderweitigen Vorkommen der Stromatoporenschichten gesehen hatte, scheint es mir auch für Sandarfve Kulle nicht mehr zweifelhaft, dass keine Überlagerung, sondern eine Anlagerung der Stromatoporenkalke mit ihren Gastropoden und Cephalopoden an die Crinoidenkalke, die thatsächlich auch einen Theil der Spitze des Hügels zusammensetzen, stattgefunden hat, und dass die Crinoidenkalke sich zu den Stromatoporenkalken ebenso verhalten, wie bei Hoburg, dessen Stromatoporenkalke mit ihren Cephalopoden von Crinoidenkalken umschlossen werden. Kennen wir auch die Fauna dieser reichen Fundorte noch nicht in ihrer ganzen Vollständigkeit, so genügt doch das von G. Lindström Beschriebene, um einige hervorstechende Züge derselben herausheben zu können.

Neben manchen Brachiopoden, wie *Spirifer crispus*, *Strophomena rhomboidalis* (typ. et var.), und noch unbeschriebenen Pelecypoden treten 42 Arten Gastropoden in ihnen auf, von denen 21 Arten nur von hier bekannt sind, während die übrigen theils auch an anderen Fundorten in Schichten theils höheren, theils gleichen Alters oder in beiden zugleich vorkommen.

Es sind fast ausnahmslos kleine Formen (»the fauna has a peculiar dwarfed character«, sagt G. Lindström a. a. O. S. 15) aus den Gattungen *Palaemaea*, *Platyceras*, *Bellerophon*, *Pleurotomaria*, *Murchisonia*, *Euomphalus*, *Loxonema*, *Trochus*, *Oriostoma*, *Autodetus*, *Holopea*, *Hollopella*, *Macrochilina*, *Euchrysalis*, *Onychochilus*.

Der Reichthum an Cephalopoden ist nicht minder gross. Neben zahlreichen *Orthoceras*- und *Cyrtoceras*-Arten, welche noch der Beschreibung harren, sind namentlich die Gattungen *Ascoceras* und *Ophidioceras* für diese Kalke bezeichnend. G. Lindström hat von ersterer Gattung aus diesen Cephalopodenschichten 13 Arten beschrieben; davon kommen 6 bei Sandarfve Kulle und Linde Klint vor, und von diesen wiederum 3 Arten nur hier. Die einzige Art der Gattung *Glossoceras* ist hier und bei Lye gefunden; wie auch die eine der beiden Arten von Gotland bekannten von *Ophidioceras*, letztere, wie es scheint, besonders

häufig. Auch die Cephalopodenfauna besteht zumeist aus kleinen, mitunter geradezu winzigen Formen.

Endlich ist noch hervorzuheben, dass die Schalen der Gastropoden und Cephalopoden in diesen und gleichen Kalken anderer Fundorte, wie z. B. Samsugn und Lye, vorzüglich erhalten sind und die Sculpturen der Oberfläche bis in die kleinsten Einzelheiten hinein beobachten lassen. Auch sind die Schalen gewöhnlich vollständig: die Gastropoden zeigen häufig noch den Mündungsrand völlig intact. Dass die *Ascoceras*-Arten meist auseinandergefallen sind, sodass das Nautiloid- und das *Ascoceras*-Stadium gesondert gefunden wird, erklärt sich leicht aus dem geringen Zusammenhang beider. So stellt sich die Erhaltung und die Vergesellschaftung der kleinen Arten in Gegensatz zu den häufig zerbrochenen und abgeriebenen Schalen, wie sie in den tieferen Schichten *c* und *d* vorkommen[1], die zugleich auch ungleich grössere Arten beherbergen.

Was endlich die *Megalomus*-Bänke betrifft, so ist schon oben erwähnt, dass dieselben mit den Stromatoporenbänken am Gannberg wechsellagern. Sie bilden also nicht allein die Decke, sondern treten auch unter derselben schon mehrfach auf; ja am Gannberg und Kuppen bilden Crinoidenkalke die Plateaus. G. LINDSTRÖM hebt ferner hervor, dass mit den *Megalomus*-Arten Trimerellen zusammen vorkommen oder letztere die ersteren ersetzen. Eine Bank, die von einer grossen noch unbeschriebenen, von F. RÖMER[2] *Trimerella ostreiformis* genannten Art in beschalten Exemplaren fast ganz zusammengesetzt wird, sahen wir zunächst in Blöcken am Abhange des Steilabfalls nördlich von Wisby, und dann fand sie der ausgezeichnete Sammler, Hr. A. FOLLIN, anstehend in halber Höhe des von Crinoidenkalken gebildeten Abhangs. Hier wie am Kuppen u. a. O. mögen die obersten Bänke durch Abtragung verschwunden sein, denn thatsächlich tritt als Hangendes der Crinoiden- und Stromatoporen-Schichten eine Bank mit grossen Megalomen und Trimerellen an manchen Stellen auf. Wir sahen eine solche in einem Walde östlich von Wisby nahe Storweda-Follingbo. Diese oberste *Megalomus*-Bank bildet einen vorzüglichen Grenzhorizont gegen die unten zu besprechenden obersten Schichten der Insel. Sie würde bei einer speciellen Kartirung unbedingt auszuzeichnen sein, aber doch wohl so, dass ihr Zusammenhang mit dem darunterliegenden Schichtencomplex wahrzunehmen ist. Die hier angenommene Stellung der *Megalomus*-Bänke zu den Cephalopodenkalken hat übrigens FR. SCHMIDT schon erkannt, der auch angiebt,

[1] Vergl. hierüber G. LINDSTRÖM's Abhandlung über die Gastropoden S. 32 und diejenige über die Ascoceratiden und Lituitiden S. 4.

[2] Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft Bd. 30, 1878, S. 553.

der Reihenfolgen, nach welchen die obersilurischen Geschiebe in den Abhandlungen verschiedener Autoren aufgezählt sind, z. B. denjenigen F. Römer's,[1] Gottsche's,[2] Nötling's,[3] Remelé's[4] und meiner selbst.[5]

Es erklärt sich das leicht dadurch, dass eine Übersicht über die Schichtenfolge auf Gotland bis vor Kurzem fehlte. Nachdem G. Lindström eine solche gegeben, die zudem noch manche werthvolle Angaben über Geschiebe selbst enthält, ist der Versuch angezeigt, auf Grund der oben gegebenen Eintheilung auch die Geschiebe auf ihre Altersfolge hin genauer zu prüfen; und dabei leistet ein demselben Autor zu verdankendes Verzeichniss der Petrefacten Gotlands[6] vortreffliche Dienste, da bei jeder Art die verticale Verbreitung angegeben ist. Auf dieses Verzeichniss beziehen sich die folgenden Angaben über Verbreitung der einzelnen Arten. — Eine erschöpfende Behandlung des Stoffes kann hier nicht erwartet werden, wohl aber soll versucht werden, denselben in seinen Hauptzügen zu verfolgen.

Von der **Schicht *a*** (ältester rother Mergelschiefer) sind Geschiebe bisher nicht gefunden worden. Wohl kennt man einzelne Exemplare der darin vorkommenden Coralle *Syringophyllum organum* L. sp., aber das anhaftende Gestein weist mit Bestimmtheit auf Estland hin. Ebensowenig ist von der **Schicht *b*** (den *Stricklandia*-Mergeln) etwas als Geschiebe gefunden, wenn man nicht die lose gefundenen Stücke von *P[illegible]* L. sp., welche bisher nur je einmal bei Misdroy und Königsberg[7] vorgekommen sind, als aus dieser Schicht stammend ansprechen will, in welcher sie nach G. Lindström massenhaft vorkommt. Jedoch ist sie auch als charakteristisch für Schicht *c* angegeben. Die **Schichten *c* und *d*** (jüngerer Mergelschiefer und Sand-

---

[1] F. Römer, Lethaea erratica. Palaeontologische Abhandlungen, herausgegeben von W. Dames und E. Kayser. Berlin 1885. S. 74—134.

[2] C. Gottsche, Die Sedimentärgeschiebe der Provinz Schleswig-Holstein. Yokohama 1883. S. 23—25.

[3] F. Nötling, Die cambrischen und silurischen Geschiebe der Provinzen Ost- und Westpreussen. Jahrbuch der Königlichen Geologischen Landesanstalt und Bergakademie für 1882. Berlin 1883. S. 261—325.

[4] A. Remelé, Katalog der beim internationalen Geologen-Congress zu Berlin im September und October 1885 ausgestellten Geschiebesammlung. Berlin 1885. S. 26—28.

[5] G. Berendt und W. Dames, Geognostische Beschreibung der Umgegend von Berlin. Abhandlungen zur geologischen Specialkarte von Preussen und den Thüringischen Staaten. Bd. 8. Heft 1. Berlin 1885. S. [illegible]—[illegible].

[6] G. Lindström, List of the fossil Faunas of Sweden. II. Upper Silurian. Stockholm 1888. S. 2—25.

[7] G. Meyer, Rugose Corallen als ost- und westpreussische Diluvialgeschiebe. (Schriften der physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg. Jahrg. 22. 1881. Abth. 1. S. 98. Taf. V.)

Schichten *c* und beherbergen zu dem noch zahlreiche Orthoceren. Es ist dasselbe Gestein, welches NÖTLING und F. RÖMER unter der Bezeichnung *Platynermis*-Kalke[1] aufführen, und von denen ein Theil sicher auch von Oesel stammt, wo ein durchaus identisches Gestein bei Koggul ansteht[2].

Aus diesen Schichten stammen sicher die locker in unseren Diluvialablagerungen gefundenen obersilurischen *Orthoceras*-Arten. So wie sie bei uns gefunden werden, liegen sie ununterscheidbar der Erhaltung und dem Gestein nach am Strande von Oestergarn. In unserer Sammlung sind folgende Arten in dieser Weise vertreten:

Orthoceras columnare MARKLIN (Mark),
Orthoceras Sjögreni BARR. (Mark),
Orthoceras annulatum SOW. (Mark),
Orthoceras angulatum WAHL. (Priegnitz),
Orthoceras Hagenowi BOLL (Mecklenburg),
Orthoceras imbricatum HIS. (Königsberg, Wolmirsleben).

Ebenfalls — und zwar den höheren Schichten (*d*) angehörig — sind hier die nicht häufigen Geschiebe mit *Pentamerus oblongus* SOW. (? = *estonus*) zu nennen, sowie die von GAGEL (a. a. O. S. 14) angeführten Geschiebe mit *Pentamerus tenuistriatus* WALMSTEDT, in deren einem, wie auf Gotland, auch *Pentamerus oblongus* lag.

Weiter müssen wir nach dem angeführten Verzeichniss G. LINDSTRÖM's die meisten der lose bei uns vorkommenden Korallenstöcke als diesen unteren Schichten entstammend ansprechen, welche F. RÖMER in der Lethaea erratica S. 77 als obersilurischer Korallenkalk aufgeführt hat. In dem folgenden Verzeichniss sind sämmtliche mir theils aus dem Inhalt unserer Sammlung, theils aus der Litteratur, theils nach mündlichen Mittheilungen bekannt gewordenen Arten von obersilurischen Korallen aus norddeutschen Geschieben aufgeführt, auch solche, welche älter oder jünger als Wenlock sind, aber nur diejenigen, welche durch den Namen des Autors die Richtigkeit der Bestimmung gewährleisten.

[1] Obigen Name hatte NÖTLING für die bekannte *Lucina prisca* vorgeschlagen. Er muss aber der älteren BILLINGS'schen Bezeichnung *Ilionia* weichen, wie G. LINDSTRÖM nachwies.

[2] In dieses Niveau gehört auch das Grapholithengestein, wie zuerst von G. LINDSTRÖM ausgesprochen und dann von O. JÄKEL ausführlich dargethan ist. Sicher ist, dass auf Gotland kein Gestein vorkommt, welches unseren Geschieben des typischen Grapholithengesteins entspricht. REMELÉ hat Schonen als Heimath derselben angesprochen, was für einen Theil derselben nicht bezweifelt werden soll. Dagegen stimmen andere Grapholithengesteine so auffallend mit den Concretionen aus dem *Retiolites*-Schiefer Dalarne's überein, dass auch dieses nördliche Silurgebiet sicher als Heimath mit in Betracht zu ziehen ist, wie REMELÉ das für die *Leptaena*-Kalke längst nachgewiesen hat.

Es bedeutet (R.) Citat nach F. RÖMER's Lethaea erratica, (M.) Citat nach G. MEYER's oben genannter Abhandlung, (F.) nach Hrn. Dr. F. FRECH's mündlicher Mittheilung.

Arten.	Schichten nach G. LINDSTRÖM.	Fundorte.
Favosites Forbesi E. H.	*b—h*	Rixdorf (F.), Pommern.
" *gotlandicus* L. sp.	*ab*	Jever, Groningen, Sadewitz bei Oels (R.), Dragebusch bei Kreuz (REMELÉ), Tapiau (Preussen).
" *Hisingeri* E. H.	*cd*	Niederkunzendorf (Schlesien).
" *asper* D'ORB.	*c*	Berlin, Groningen.
" *Labechei* E. H.	*d*	Mark, Jever.
" *Lonsdalei* D'ORB.	*d*	Königsberg (R.), Südpreussen, Schlesien, Groningen (R.), Rixdorf (F.).
Heliolites decipiens M'COY	*d*	Rixdorf (F.).
" *interstinctus* L. sp.	*d*	Jever, Schlesien.
Plasmopora tubulata LONSDALE	*b—d*	Jever, Sadewitz, Südpreussen.
Halysites catenularius L. sp.	*d*	Von Ostpreussen bis Holland.
" *escharoides* LAM.	*bc*	Mark, Pommern, Schlesien.
Thecia Swinderneana GOLDF. sp.	*f*	Rixdorf (F.), zwischen Groningen und Königsberg (R.).
Syringopora fascicularis L. sp.	*cd*	Rixdorf (F.), Jever, Pommern, Schlesien.
Monticulipora Fletcheri E. H.	*d*	Danzig.
Columnaria gotlandica E. H.	*f*	Schlesien.
Stauria favosa L. sp.	*f*	Mark, Dirschau.
Lindströmia Dalmani E. H.	*cd*	
Zaphrentis vortex LINDSTRÖM	*bc*	Rixdorf (F.).
" ? *conulus* LINDSTRÖM	*f*	Rixdorf (F.).
Cyathophyllum mitratum HIS.	*c—f*	Neisse (grosses Stück mit zahlreichen Individuen).
" *articulatum* HIS.	*c—f*	Rixdorf (F.), Andreaswalde bei Lyck und Königsberg (M.), Hohensaaten bei Oderberg (REMELÉ).
Dinophyllum involutum LINDSTRÖM	*c*	Rixdorf (F.).
Ptychophyllum patellatum SCHLOTH. sp.	*c—h*	Lyck (R.), Seestrand bei Cranz (M.).
Acervularia ananas WAHLENB. sp.	*c—f*	Potsdam (F.), Schlesien.
" *truncata* WAHLENB. sp.	*c—f*	Halle a. S. (F.).
Palaeocyclus porpita L. sp.	*bc*	Misdroy, Königsberg (M.).
Syringophyllum organum[1] L. sp.	*a*	Rixdorf (F.), Schlesien.
Pholidophyllum tubulatum SCHLOTH. sp.	*b—h*	Rixdorf (F.).
Omphyma subturbinata D'ORB.	*c*	Rixdorf (F.).
Actinocystis Grayi E. H. = *Spongophylloides Schumanni* G. MEYER	*c—f*	Ostpreussen (M.).

Endlich gehören in dieses Niveau die Geschiebe, welche F. RÖMER Phaciten-Oolith und Kalksandstein genannt hat. Der Oolith bildet im südlichen Theile Gotlands den Vertreter der Kalke mit Mergellagern im Norden (Schicht *d*) und ist somit auch ein Aequivalent des

[1] Kann zum Theil untersilurisch sein.

englischen Wenlockkalkes. Über das Vorkommen und den faunistischen Inhalt habe ich der Darstellung F. Römer's nichts hinzuzufügen.

Von der **Schicht** *e* sind Geschiebe noch nicht beobachtet.

Schicht *f* (die Crinoidenkalke) beginnen auf Gotland mit einer eigenthümlichen Schicht verkitteter Strandgerölle. Geschiebe dieser Schicht sind selten in der Mark und Mecklenburg gefunden[1], die grösste Mehrzahl gehört den »Gotländer Crinoidenkalken« F. Römer's an, auf deren ausführliche Beschreibung in der Lethaea erratica zu verweisen ist. Mit ihnen auf das Engste verbunden und nur eine locale Entwickelung der typischen Crinoidenkalke darstellend sind die Gesteine mit *Pentamerus conchidium*, der z. B. am Klintberg und bei Hejde in grösserer Individuenmenge erscheint.

Giebt man dieser Schicht den Umfang, wie es oben geschehen ist, so wird man zumeist hier wohl die häufig als lose Geschiebe gefundenen Stromatoporen hinrechnen müssen, da dieselben auf Gotland hier ihre Hauptverbreitung haben. Von den zugleich in den Crinoidenkalken eingeschlossenen Cephalopoden- und Gastropodenkalken haben wir nur spärliche Andeutungen. Hrn. Dr. Henry Schröder verdanke ich die Kenntniss eines bei Belschwitz gefundenen Geschiebes, das neben Stromatoporen ein Stück von *Ophidioceras* cfr. *reticulatum* Angelin enthält. Ferner führt C. Gagel unter den Nummern 17 und 19 zwei Geschiebe auf, welche nach G. Lindström's Bestimmung hierher gehören dürften.

Nur einmal ist ein Geschiebe aus den *Megalomus*-Bänken von C. Laufer bei Bernau gefunden, wie Hr. Dr. Henry Schröder gütigst mittheilte. Dasselbe enthält ausser der genannten Art ein Fragment eines *Pentamerus*, der seiner Berippung nach gut zu *Pentamerus conchidium* passt.

Die **Schicht** *g* in dem hier genommenen Umfang (die oberen Cephalopodenkalke mit grossen Phragmoceren und einem Theile der Schicht *h* G. Lindström's entsprechend) ist aus Geschieben noch nicht bekannt geworden.[2]

Ich schliesse mit einigen Bemerkungen über unsere so gut studirten und weit verbreiteten Beyrichiengesteine. Fr. Schmidt war der erste, der auf die Ähnlichkeit derselben mit gewissen Gesteinen hinwies, welche am Ohhesaare Pank einen Theil der Südspitze Oesel's, also der Halbinsel Sworbe, zusammensetzen. Er identificirte diese Gesteine auch mit den bei Oestergarn vorkommenden Platten aus

---

[1] Vielleicht gehört das in F. Römer's Lethaea erratica Taf. VI Fig. 1 abgebildete Geschiebe von Nieder-Kunzendorf bei Freiburg in Schlesien hierher.

[2] Das von Nötling als *Phragmoceras imbricatum* Barr. beschriebene Stück gehört einer anderen Art an, als der in der oben genannten Schicht häufigen.

Lindström's Schicht *c*, wie sie namentlich bei Hammarudd unweit Oestergarn im Meeresniveau liegen. Aber schon G. Lindström hat darauf hingewiesen, dass unsere Beyrichienkalke mit diesen Gotländer Platten nicht übereinstimmen. Wohl ist der Habitus der gleiche, die Gattungen *Pholidops*, *Chonetes*, *Tentaculites* und *Beyrichia* kommen in beiden vor, doch sind die Arten meistens andere. Dass *Pholidops implicata* Sow. von Oestergarn von *Pholidops antiqua* Schloth. sp. der Geschiebe gänzlich verschieden ist, hat G. Lindström zuerst ausgesprochen. Die in unseren Geschieben verbreitete *Chonetes*-Art, die in der Litteratur als *Chonetes striatella* allgemein aufgeführt wird, ist von dem Typus der Art, wie ich ihn bei Hammarudd sammeln konnte, durch flachere Schaalen und verhältnissmässig gröbere Berippung verschieden. Auch die Tentaculiten scheinen hier und dort verschiedenen Arten anzugehören. Vor Allem aber ist die gemeinste Beyrichie unserer Geschiebe, *Beyrichia tuberculata* Klöden, auf Gotland, wenn nicht ganz unbekannt, so doch äusserst selten[1], und ferner fehlen, worauf ebenfalls G. Lindström zuerst hinwies, die Fischreste vom Ohhesaare Pank und unserer Geschiebe auf Gotland gänzlich. Mit Bestimmtheit kann ausgesprochen werden, dass unsere Beyrichienkalke, und zwar diejenigen, die wir als die typischen betrachten, nicht von der Insel Gotland abzuleiten sind. Doch glaube ich anderseits, dass F. Römer zu weit geht, wenn er deren Heimath unbekannt nennt. Es liegen sowohl vom Ohhesaare Pank, als auch von Klinta am Ringsjö in Schonen von mir gesammelte Handstücke vor, welche mit den Beyrichienkalk-Geschieben durchaus übereinstimmen. Das Hauptgebiet, aus welchem unsere Geschiebe herzuleiten sein werden, ist das von der Ostsee bedeckte, südlich und westlich von der Halbinsel Sworbe gelegene. Ihre Fischreste machen es wahrscheinlich, dass sie jünger sind, als alle Schichten Gotlands, ja dass sie den jüngsten Schichten des baltischen Obersilur angehören.[2] Es stimmt das auch mit meiner Auffassung der Lagerungsverhältnisse im nördlichen und östlichen Theil der baltischen Silurmulde überein, auf welche ich jedoch ohne einen nochmaligen Besuch Oesels nicht näher eingehen kann. Aus diesem Grunde ist es in Obigem auch vermieden, die Parallelisirung des Oeseler und des Gotländer Obersilur zu berühren.

[1] In das von G. Lindström veröffentlichte Verzeichniss der Gotländer Petrefacten ist sie nicht aufgenommen.

[2] Vergl. hierüber O. Jäkel, Über das Alter des Grapholithen-Gesteins mit besonderer Berücksichtigung der in demselben enthaltenen Graptolithen (Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft Bd. 41. 1889 S. 653).

Nochmals über die optisch anomale Reaction des Traganth- und Kirschgummis.

Von S. Schwendener.

Die Frage, wie das optisch anomale Verhalten des gequollenen Traganth- und Kirschgummis zu deuten sei, hat zwischen V. von Ebner und mir zu einer Controverse geführt, in welcher, wie ich glaube, die hierauf bezüglichen ersten Veröffentlichungen, sowie die einschlägigen Beobachtungen Ambronn's, Manches zur Klärung der Gegensätze und zur genaueren Kenntniss des Thatsächlichen beigetragen haben, deren Fortsetzung nun aber nach der letzten Erwiederung meines Gegners[1] eine für mich unerquickliche Aufgabe geworden ist, unerquicklich dadurch, dass V. von Ebner die Richtigkeit der von Ambronn und mir festgestellten und zur Begründung unserer Ansicht verwertheten Thatsachen einfach in Abrede stellt, weil sie mit seinen eigenen Beobachtungen nicht übereinstimmen. Diese Thatsachen, die durch directe Beobachtung constatirt und daher von jeder theoretischen Deutung unabhängig sind, glaube ich hier vor Allem noch einmal hervorheben zu sollen. Es sind folgende:

1. Das optische Verhalten des Traganthschleims, wie er durch Quellen des käuflichen Traganths in Wasser erhalten wird, richtet sich »stets nach dem Verlauf der gequollenen Schichtencomplexe, die zwar in Wasser kaum noch erkennbar sind, aber in einer Mischung von Wasser und Alkohol stellenweise deutlich hervortreten«. Die Hervorhebung dieser Thatsache in meiner ersten diesbezüglichen Veröffentlichung[2] war den ursprünglichen Angaben von Ebner's[3] gegenüber gerechtfertigt, weil hier von einem Filtriren des Traganthschleims vor der Versuchsanstellung nicht die Rede ist. Sie verliert aber selbstverständlich ihre Bedeutung für die später an filtrirtem Schleim beobachteten Anomalien, ebenso für das Verhalten von Gummiarten, welche niemals Spuren von Schichtung zeigen. Darum legte ich in

[1] Sitzungsberichte der Wiener Akademie Bd. XCVIII, Abth. IIa, October 1889.
[2] Diese Berichte, Jahrg. 1887, S. 691.
[3] Untersuchungen über die Ursachen der Anisotropie organisirter Sub

meiner ersten Erwiederung auf die Angriffe von Ebner's[1] das Hauptgewicht nicht mehr auf den optischen Effect sichtbarer Structuren, sondern auf die Orientirung kleinster doppelbrechender Theilchen, deren Vorhandensein wir für Membranen, Stärkekörner u. s. w. auch ohne Rücksicht auf das optische Verhalten annehmen müssen, um die Erscheinungen der Quellung befriedigend deuten zu können. Ob diese doppelbrechenden Theilchen in den Gummiarten »stellenweise noch ihre ursprüngliche Lagerung zeigen und als gequollene Membranstücke zur mikroskopischen Wahrnehmung gelangen, wie beim Traganth, oder ob sie vollständig von einander getrennt und mikroskopisch unsichtbar sind«, das war für mich fortan ohne Belang. Damit war die Frage allerdings dem thatsächlichen Gebiet entrückt und auf das theoretische hinübergeschoben: V. von Ebner vertrat jetzt die Spannungshypothese, ich die Micellartheorie.

Die Thatsache aber, dass gequollene Schichtencomplexe nicht bloss im unfiltrirten Traganthschleim, sondern auch in anderen Schleimen, welche durch Verquellung von Membranen entstehen (z. B. von Quitten), den optischen Effect ganz vorwiegend bedingen, bleibt bestehen; sie kann wohl »zurückgewiesen«, aber nicht widerlegt werden.

2. Eine weitere Beobachtung, die ich bei dem gegenwärtigen Stand der Frage als die wichtigste betrachte, bezieht sich auf das Verhalten schwachgequollener Kirschgummi-Membranen bei Anwendung von Druck und Zug. Dieselben reagiren nämlich im ersten Moment wie Glas, also normal; dann aber tritt sehr bald die entgegengesetzte Wirkung ein. Mit Gypsblättchen Roth I zeigt sich beispielsweise zuerst die Additionsfarbe Blau II, nachher die Substractionsfarbe Gelb I.

Die Richtigkeit dieser zuerst von Ambronn constatirten Thatsache stellt nun von Ebner gleichfalls in Abrede. Ich kann darauf nur erwiedern, dass ich die Dinge mit eigenen Augen gesehen und wiederholt gesehen habe. Dazu die Bemerkung, dass sich die von uns benutzten Gummimembranen ziemlich trocken und fest anfühlten; sie hatten offenbar einen erheblich geringeren Wassergehalt, als die in Dreiviertel-Alkohol gequollenen, mit welchen von Ebner experimentirte. Dass diese letzteren die Erscheinungen nicht zeigen, sondern sofort anomal reagiren, davon habe ich mich selbst überzeugt, und ich finde die Erklärung dieses negativen Resultates in der Annahme, dass die Micelle sich in Folge der grösseren Beweglichkeit viel zu rasch in die Gleichgewichtslage stellen, als dass die Übergänge zur Wahrnehmung gelangen könnten. Ebensowenig lieferten mir Versuche

---

[1] Diese Berichte, Jahrg. 1889, S. 234.

mit Gummistücken, die in Neunzehntel-Alkohol gelegen hatten, die gewünschten Ergebnisse. Solche Stücke verhielten sich nämlich gerade umgekehrt; sie reagirten auf Druck im Wesentlichen wie trockenes Gummi oder wie Glas, nur dass binnen einer Viertelstunde ein Zurückgehen der Polarisationsfarbe auf das Roth des Gypsblättchens stattfand. Dagegen beobachtete ich neuerdings an denselben Gummistücken, nachdem sie ein paar Tage in Siebenachtel-Alkohol gelegen hatten, die Eingangs erwähnte Erscheinung sehr deutlich; das im ersten Moment hervortretende Blau II ging in wenigen Minuten auf Gelb I zurück.

Die zu diesen Versuchen benutzten Gummistücke hatten eine gleichmässige Dicke von 1—2^{mm} und bildeten kleine Rechtecke von 3—5^{mm} Breite und etwa 6—8^{mm} Länge. Der erforderliche Druck auf die Langseiten der Stücke wurde bei gleichzeitiger Beobachtung in Diagonalstellung mittels einer Schraube rasch hergestellt, die letztere dann aber nicht weiter gedreht. War die Farbe auf Gelb I gesunken, so genügte ein rasches Vorwärtsdrehen der Schraube um 90°, um ein blitzartig vorübergehendes abermaliges Steigen, meist aber nur bis zum Roth I des Gypsblättchens, zu bewirken, worauf dann sofort wieder Gelb I zur Geltung kam.

3. Meine Angabe, dass ich an flüssigen Kirschgummifäden in der Ruhe Doppelbrechung beobachtet habe, wird zwar nicht direct in Zweifel gezogen, jedoch mit der ungefähr gleichbedeutenden Bemerkung abgefertigt, es sei »unbegreiflich, wie ein flüssiger Faden es anstellt, freibewegliche Micelle dauernd in einer bestimmten Richtung orientirt zu erhalten«. Wenn man indess erwägt, dass es sich hier um zähflüssigen Gummischleim handelt — der sich aber doch leicht in Fäden ausziehen liess —, so wüsste ich nicht, was dabei unbegreiflich sein könnte. Die Beweglichkeit der Micelle ist in diesem Zustande doch offenbar beschränkt und zwar um so mehr, je geringer der Wassergehalt. Wie lange die Doppelbrechung im Faden erhalten bleibt, habe ich nicht untersucht; ich weiss nur, dass sie lange genug dauert, um sie bequem beobachten zu können.

Die in Rede stehende Doppelbrechung flüssiger Fäden habe ich übrigens nicht bloss am Kirschgummi, sondern auch am zähflüssigen Gummischleim von *Cycas revoluta* constatirt, dessen optisches Verhalten mit demjenigen von Traganth- und Kirschgummi übereinstimmt.

Bezüglich der Tragweite dieser Thatsachen sei bloss bemerkt, dass sie nicht in der Anisotropie der flüssigen Fäden überhaupt liegt; denn auch zähflüssige Massen mit molecularer (nicht micellarer) Structur können durch Druck oder Zug anisotrop werden. Die letzteren verhalten sich aber, soweit bekannt, immer normal, d. h. wie a

Gummi oder wie gezogenes Glas, während die Schleime, denen wir auch ohne Rücksicht auf ihr optisches Verhalten ein micellares Gefüge zuschreiben müssen, bald normal, bald abnormal reagiren. Den Ausschlag gibt in diesem Falle, meiner Auffassung zufolge, nicht mehr die Spannung zwischen den Molecülen, die beim Ausziehen der Fäden ja immer dieselbe sein müsste, sondern die Orientirung der wirksamen Elasticitätsellipse in den doppelbrechenden Micellen. Das optische Verhalten der genannten Schleime schliesst sich daher naturgemäss an das der Fette, Farbstoffe u. s. w. an, welche nach dem Aufstreichen auf Glas gleichfalls vollständig homogene Bänder und Streifen bilden, aber trotz der immer gleichen mechanischen Einwirkung, der sie ausgesetzt waren, optisch entgegengesetzt, positiv oder negativ reagiren, je nachdem ihre Elasticitätsellipsen sich beim Aufstreichen parallel oder quer zur Streichrichtung stellen. Hier weiss man aber, dass diese Ellipsen auch in den sichtbaren Krystallnadeln des unveränderten Versuchsmaterials ungleich orientirt sind, z. B. longitudinal beim Methylenblau, transversal beim Wachs, und dass davon allein der schliessliche Effect im homogenen Zustande abhängt. Liegt es da nicht nahe, eine ähnliche Beziehung auch für die zähflüssigen Gummischleime anzunehmen?

4. Auch die Thatsache, dass Bastfäsern bis zum Zerreissen gedehnt werden können, ohne eine merkliche Farbenänderung zu zeigen, wird in der Erwiederung von Ebner's nicht anerkannt, sondern dahin gedreht und gewendet, dass die auf Zug eintretenden Veränderungen wegen der Ungenauigkeit der Beobachtungsmethode nicht bemerkbar seien. Allein damit wird das Thatsächliche des hervorgehobenen Unterschiedes umgangen. Der Sachverhalt ist folgender. Es gibt bekanntlich zahlreiche Objecte und darunter auch vegetabilische Zellhäute, welche in Folge der Dehnung ihre Polarisationsfarbe um eine ganze Stufe in der Farbenscala ändern, obschon sie hierbei eine schwache Quercontraction erfahren, welche der Farbenänderung entgegenwirkt. Zu diesen Objecten stehen nun die Bastfasern in einem ausgesprochenen Gegensatz, da hier eine sichtbare Änderung der Interferenzfarbe in Folge der Zugwirkung gar nicht eintritt, und es bedarf wohl keines weiteren Beweises, dass dieser Gegensatz durch grössere Genauigkeit zukünftiger Beobachtungsmethoden nie und nimmer beseitigt werden kann. Es wird sich höchstens herausstellen, dass die mit den heutigen Mitteln constatirte Unveränderlichkeit keine absolute ist, was man ja ohne Bedenken jetzt schon zugeben kann. Dass die ıgenommene Quercontraction, die übrigens bei einer Bastzelle von hn Mik. Durchmesser nur etwa den zwanzigsten Theil eines Mikroillimeters betragen würde, die Sache nicht befriedigend aufklärt,

glaube ich bereits in meiner früheren Mittheilung[1] unwiderleglich gezeigt zu haben, so dass meinerseits eine Veranlassung, auf diesen Punkt zurückzukommen, nicht vorliegt.

5. Es erübrigt jetzt noch, auf einige Bemerkungen von Ebner's einzugehen, welche sich nicht direct auf Thatsachen beziehen, sondern bloss die abweichende Deutung der Erscheinungen kennzeichnen.

Ich hatte in meiner Abhandlung über Quellung und Doppelbrechung vegetabilischer Membranen[2] gesagt: »es dürfte von vorne herein Jedermann einleuchten, dass ein mechanischer Zug in beliebigen Objecten den Durchmesser der wirksamen Elasticitätsellipse, welcher in die Zugrichtung fällt, nur vergrössern, niemals verkleinern kann«. Hiergegen erhebt nun von Ebner den Einwand, ich habe ganz vergessen, »dass das optische Elasticitätsellipsoid eine geometrische Abstraction ist«, an der man nicht »wie an einem Ellipsoid von Kautschuk drücken und ziehen kann«. In diesem Punkte verharre ich indess bei meiner Ansicht, zu deren Rechtfertigung hier noch die folgende Erwägung dienen mag. Wenn man sich in einer Glasplatte einen kleinen Theil durch eine Kugelfläche, beispielsweise von 1^{mm} Durchmesser, abgegrenzt denkt, so ist zwar diese Kugelfläche eine geometrische Abstraction; das von ihr umschlossene Glas aber ist ein wirklicher Körper, an dem man »drücken und ziehen kann«. Und wenn auf die Glasplatte ein Druck oder Zug einwirkt, so wird auch dieser kugelförmige Körper gedrückt oder gezogen und erfährt in Folge dessen eine entsprechende Formveränderung, für welche der oben citirte Satz durchaus zutreffend ist. Dasselbe gilt auch von beliebigen anisotropen Körpern, nur dass hier statt der Kugel ein Ellipsoid als Ausgangsfläche in die Substanz hineinzudenken ist.

Gegen diese Bezeichnungs- und Darstellungsweise hat sich freilich V. von Ebner schon in seiner Schrift über die Ursachen der Anisotropie (1882) ausgesprochen; ich kann aber nicht finden, dass seine Bedenken begründet sind. Daher meine Opposition; es ist das einer der principiellen Punkte unserer Controverse, den ich bereits in meiner ersten einschlägigen Mittheilung (1887) erörtert habe.

6. Weiter stellt V. von Ebner die befremdliche Behauptung auf, Ambronn und ich hätten »die wichtigste Thatsache, welche die ganze Hypothese der krystallinischen Micelle für colloidale Massen, wie Leimgallerte, Gummiarten u. s. w. vollständig unhaltbar macht«, gar nicht erwähnt. Gemeint ist die von Niemanden bestrittene »Thatsache, dass man Leim- und Gummiarten je nach der Einwirkung wirklich

[1] Diese Berichte, Jahrg. 1889, S. 239.

[2] Diese Berichte, Jahrg. 1887, S. 690. Selbstverständlich ist auch hier das von Nägeli und mir im »Mikroskop« gewählte Elasticitätsellipsoid gemeint.

1890.
XLIII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

---

30. October. **Sitzung der philosophisch-historischen Classe.**

Vorsitzender Secretar: Hr. MOMMSEN.

Hr. CURTIUS las: Studien zur Geschichte des griechischen Olymps.

Die Mittheilung folgt umstehend.



Studien zur Geschichte des griechischen Olymps.

Von E. Curtius.

Auf einem Gebiete der Alterthumswissenschaft, das in solcher Gährung begriffen ist wie die Mythologie und Religionsgeschichte der Hellenen, wo die entgegengesetztesten Ansichten mit gleichem Unfehlbarkeitsgefühl vorgetragen werden, wo nach Maſsgabe persönlicher Neigungen und Studienrichtungen die Einen Alles aus dem fernsten Morgenlande herleiten und erklären, die Anderen auch die am sichersten bezeugten Einflüsse des Auslandes in Abrede stellen, dürfte es zur Förderung der Sache am erspriesslichsten sein, so unbefangen wie möglich allen Spuren nachzugehen, welche sich in der Überlieferung der Alten über die Entwickelung ihrer religiösen Vorstellungen finden, um so eine gewisse Verständigung in Betreff einer richtigen Methode mythologischer Forschung zu erzielen. Buttmann, welcher zu Anfang des Jahrhunderts unserer Akademie seine im Mythologus gesammelten Forschungen vortrug, brachte den methodischen Sinn des Grammatikers mit; er suchte in der verwirrenden Masse des Stoffs nach durchgreifenden Analogien und bemühte sich, aus der Sprache auch für die Götterlehre gewisse Normen abzuleiten. Er machte zuerst die Beobachtung, dass die Namen der olympischen Gottheiten aus dem uns bekannten Griechisch sämmtlich unerklärlich sind und dass die göttlichen Wesen, welche uns verständliche Namen haben, wie Ge, Uranos, Helios, einer andern Zeit angehören.

Merkwürdig ist, dass Buttmann selbst an der vollen Gültigkeit dieser Beobachtung irre wurde, weil der Name Hestia widerspreche; denn diese Ausnahme ist doch die beste Bestätigung seiner Regel, weil wir sofort erkennen müssen, dass die zwölfte Gottheit ihrem Wesen nach von den anderen gänzlich verschieden, dass sie durchaus eigenartig ist. Sie ist das Band, welches den Kreis umschliesst, das Siegel, das der hellenische Geist dem Bande aufgedrückt hat, um diese Vereinigung ursprünglich selbständiger Gottheiten um einen gemeinsamen Herd als sein Werk zu kennzeichnen.

Wichtiger ist ein anderer Einwand gegen die Buttmann'sche Regel, den Welcker in seiner Götterlehre (I, 408) erhoben hat bei Besprechung des Sonnendienstes in Korinth und Rhodos. Helios ist eine der Gottheiten, deren Name die gangbare Benennung des Gegenstandes ist, dem sie vorsteht; sie müsste also jüngeren Ursprungs sein und zu den Gottheiten gehören, die keine grossen Volksfeste haben (Mythologus I, 10).

Hier können wir Buttmann in der Zeitbestimmung nicht folgen; darin aber hat er vollkommen Recht, dass er zwei ganz verschiedene Reihen göttlicher Wesen unterscheiden lehrt, indem die einen einer allgemeinen Naturreligion angehören, welche das dem natürlichen Menschen Nächste zum Gegenstande hat, die andern der nationalen Religion, der Religion des Olymps, welche die Frucht eines ausgebreiteten Völkerverkehrs ist.

Es fragt sich nun, wie weit es möglich ist, von diesen verschiedenen Stufen des religiösen Lebens, das die Hellenen in vorgeschichtlicher Zeit durchgemacht haben, eine Vorstellung zu gewinnen. Es würde unmöglich sein, wenn es nicht die Gottesdienste wären, in denen sich die Überlieferung überall am festesten bewährt. Religiöse Umzüge sind Urkunden ältester Stadtgeschichte, Opfergebräuche die dauerhaften Zeugnisse alter Sitte. Die Götter lebten nicht anders und besser als die Menschen; so lange diese, von der Aussenwelt abgeschlossen, auf die Erzeugnisse ihres Bodens angewiesen waren, nahm man zu den Spenden Honig und Milch, Pappelblätter, Fenchel, Thymian; die Bergkräuter dienten als Gewürz. Es war das 'indoeuropäische Ureigenthum' wie es Hehn nennt, und auch nachdem die Hellenen Öl und Wein angebaut hatten und sich den weinlosen Barbaren des Binnenlandes gegenüber (*μὴ πίνοντες οἶνον βάρβαροι* Plut. Symp. IV 63) ihrer reich entwickelten Cultur freuten, blieben die *νηφάλια ἱερά, νηφάλιοι βωμοί* in alten Ehren. Auch zum Anzünden der Opferflamme enthielt man sich aller fremdländischen Holzarten, die nicht zu den *νηφάλια ξύλα* (Hesych.) gehörten, selbst des Reben- und Feigenholzes. Diese Opferbräuche sind also echte Zeugnisse des vom Seeverkehre unberührten Autochthonenthums. Es ist daher für unsere geschichtliche Kenntniss des religiösen Lebens der Griechen ein Glück, dass wir aus Polemon diejenigen Gottheiten kennen, denen die 'nüchternen Spenden' dargebracht wurden; vor allen die Quellnymphen, an denen sich am deutlichsten zu erkennen giebt, wie das Ursprüngliche im Volksleben auch die grösste Dauerkraft hat. Ihre Stätten waren die heiligsten im Lande, ehe die Olympier gekommen sind, welche sich durch sie im Lande einheimisch zu machen suchten. Aphrodite wird selbst Nymphe an der Quelle des Hyllikos (Paus. II 32,7), Athena bürgert

sich mit den Agrauliden in Athen ein; Apollon sucht eine Unterkunft bei der Quelle Tilphusa; er wird aber von ihr abgewiesen, weil sie lieber allein bleiben will; denn natürlich treten die Quellnymphen vor den neuen Gottheiten in eine bescheidene Stelle zurück. Aber sie überleben die Olympier, und wie diese, suchen auch die christlichen Heiligen dem unsterblichen Nymphendienst sich anzuschliessen, wie Θεοτόκος ἡ πηγή und ähnliche Namen beweisen. Im Quelldienste haben wir die ältesten Zeugnisse einer volksthümlichen Frömmigkeit, welche sich auf alles fliessende Wasser erstreckte; ihm entspricht, was Hesiod in den Werken 735 sagt, es sei ein Frevel in einen Bach gedankenlos hineinzutreten und ihn ohne Waschung und Gebet zu durchwaten. Aus diesem Leben mit der Natur entspringt auch das Bedürfniss, den Gestirnen, die das Menschenleben leiten, Ehrerbietung zu erweisen. Hesiod verbietet, angesichts der Sonne, als wenn sie eine Persönlichkeit wäre, etwas Unanständiges zu thun, und bei Polemon werden Eos, Helios, Selene als Empfänger der Nephalia bezeugt. Man fühlte diesen Cultus als etwas der Vorzeit Angehöriges, in welcher die Griechen ihre Nationalität noch nicht ausgebildet hatten; darum sagt Aristophanes (Frieden 406) Helios und Selene verriethen Hellas an die Perser. Bei den Barbaren, meinte man, hätten sie mehr Ehre, während sie unter den Hellenen vernachlässigt worden wären, seitdem die Throne der Olympier aufgerichtet seien. An den Tempelgiebeln nehmen Helios und Selene eine untergeordnete Stellung ein, eben so wie die elementaren Gottheiten des Wassers, die mit ihnen die gleichen Opferspenden empfangen.

Charakteristisch für diesen ältesten Zustand des religiösen Lebens der Griechen, von dem wir uns eine Vorstellung machen können, ist die Richtung der Andacht auf das natürlich Gegebene und die ausschliessliche Verwerthung dessen, was die eigene Landschaft darbot, zur Verehrung der Gottheiten. Deshalb verschmähten die Chier bei ihren Opferspenden die in Atarneus gewachsene Gerste, weil sie sich scheuten, dadurch einen durch Frevel erworbenen Besitz als einen Theil des Inselgebiets anzuerkennen (Herod. I, 160), und es galt für ein Kennzeichen altbäuerlicher Einfalt, die hymettischen Bergkräuter duftreicher zu finden als die kostbarsten Salben des Morgenlandes (Theophr. Char. 4). Diese Beschränkung auf das Heimathliche blieb in Geltung, auch seitdem alle Schätze des Auslandes zuströmten; sie wurde beibehalten und dadurch auch den ärmsten Leuten die Betheiligung am Cultus ermöglicht. An ihnen erkannte man die ältesten Gottesdienste der Heimath, wie z. B. die Diasia, das ehrwürdigste aller attischen Landesfeste, durch die θύματα und πέμματα ἐπιχώρια charakterisirt wurden. So wurde auch Zeus als der unsichtbare Urheber von Wasser

und Nahrung durch gleichen Opferdienst mit den Nymphen verbunden; während aber der Nymphendienst an einzelnen Plätzen haftet, ist der Zeusdienst der erste Gottesdienst, welcher die in einer Landschaft zusammen wohnenden Volksgenossen einigt.

Suchen wir nun nach dem Übergang aus dieser engen, in sich abgeschlossenen heimathlichen Welt in die geschichtlich bewegte, aus der mythenlosen Zeit ältester Landesreligion in die des sich entwickelnden Polytheismus, so liegt der Keim dieser Umwandlung darin, dass Zeus nicht allein bleibt, dass ein weibliches Wesen hinzutritt. Was bei den Persern als eine geschichtliche Epoche ihres Gottesdienstes aufgezeichnet war, dass dem arischen Manngotte ein weibliches Wesen zugesellt war, dessen Cultus bei den Nachbarn semitischen Stammes so mächtig war, dass man sich seiner nicht erwehren konnte (Herod. I, 131), das hat sich bei den Griechen allmählich vollzogen, und wir erkennen die Anfänge dieser Umgestaltung in gewissen heiligen Sagen, die sich an die älteste Naturreligion anschliessen. Es ist vor allem die Sage von dem ἱερὸς γάμος, welche den Jahressegen, den Zeus spendet, als Befruchtung eines weiblichen Wesens auffasste und in der Zeit der Frühlingsregen eine Götterhochzeit annahm.

Diese Sage ist der Urkeim aller Theogonie, aber selbst nicht mythologisch entwickelt, sondern mit dem Hintergrund religiöser Naturanschauung verwachsen geblieben, so dass kein Kind die Frucht des Bundes ist, sondern das Naturleben selbst, das in jedem Frühling neu verjüngte. Die Sage ist als Ortssage an der Ostküste zu Hause, am Ocha wie an den Vorsprüngen der argolischen Halbinsel. Es sind Küstenstationen, an denen wir die ersten Spuren einer geistigen Bewegung finden, welche das von allem Verkehr abgeschlossene, religiöse Leben der Landesbewohner allmählich umgestalten sollte.

Wenn seemächtige Völker mit einem reich ausgebildeten Gewerbfleisse an den Küsten autochthoner Völker auftreten, so muss dies eine Hauptepoche des Culturlebens sein und sie muss allen andern, durch Völkerverkehr bewirkten Einwirkungen vorangegangen sein. Wie begierig aber autochthone Völker eine überlegene Cultur aufnehmen, davon geben uns die Missionen unserer Tage immer reichlichere Belehrung, und die alten Griechen haben sich von den andern Völkern der Erde nur dadurch unterschieden, dass sie das Dargebotene, wie kein anderes uns bekannte Volk, sich innerlich zu eigen zu machen wussten.

Wenn jede altphönikische Station ein Heiligthum ihrer Göttin zum Mittelpunkte hatte, so war dieses der Vereinigungspunkt zwischen Eingebornen und Fremden, und es scheint mir einer der befremd-

lichsten Rückschritte im Verständniss des Alterthums zu sein, wenn das, was Böckh auf einigen inhaltvollen Seiten der 'metrologischen Untersuchungen' mit seinem klaren Blick für antikes Culturleben über die für die Mittelmeerländer weltgeschichtliche Bedeutung der Aphrodite Urania gelehrt hat, wieder in Frage gestellt worden ist. Welcker dachte sich den Dienst einer einheimischen Göttin als den Stamm, dem der fremde Dienst gleichsam aufgepfropft sei, aber A. Hug hat zu Platos Symposion mit Recht darauf hingewiesen, dass davon keine Spur aufzuweisen sei. Wie früh aber die Göttin der Sidonier in Hellas eingeführt worden sei, dafür glaube ich noch einen Beleg nachweisen zu können, nämlich in dem oben erwähnten Zeugniss Polemons, welcher unter den Gottheiten, denen nach ältester Landessitte die einfachen Nymphenspenden dargebracht wurden, Aphrodite Urania nennt.

So volksthümlich ist in ältester Zeit die fremde Göttin geworden, die ja auch selbst an der Quelle des Hyllikos als Nymphe verehrt wurde. Je früher die Berührung mit dem Auslande fällt, um so anstandsloser haben sich die Eingeborenen den von aussen kommenden Eindrücken hingegeben; wir dürfen also mit gutem Grunde annehmen, dass Aphrodite das göttliche Wesen war, das zuerst in den Kreis der heimathlichen Gottheiten eingetreten ist und zuerst aus dem engen Gesichtskreise der Autochthonen in den weiten Völkerverkehr hinausgeleitet hat. Die Spenden sind noch dieselben, wie sie den Nymphen dargebracht wurden, aber mit dem Dienste der Göttin ist von der syrischen Küste auch der Weihrauch herüber gekommen, von dem Pindar singt, dass er von den Hetären Korinths Urania geopfert werde.

Es giebt einen zweiten Punkt griechischer Religionsgeschichte, der nur im Zusammenhange der Mittelmeergeschichte beurtheilt werden kann.

Die Phönizier haben im östlichen Meere nicht anders colonisirt als im westlichen, nur sind hier die Spuren deutlicher geblieben. Wenn wir also in Sicilien, Sardinien, Spanien zweifellos nachweisen können, wie die Tyrier auf kleinen Küsteninseln und dann auf dem gegenüberliegenden Festlande ihrem Stadtgotte Opferplätze errichteten, um welche die Eingeborenen sich zuerst gesammelt und geordnet haben, indem sie ihm als Herakles auf phönikische Weise dienten (θρησκεύεται νῦν ἔτι φοινικικῶς Appian S. 49, 13), wenn Herakleia Minoa auf seinen Münzen die punische Legende des Melkart trägt, wenn wir auch im östlichen Meere, wie bei Erythrai, in alter Ortssage das Schiff bezeugt sehen, auf dem Herakles von Tyros ausgefahren sein sollte, wenn wir endlich dem mit phönikischem Namen benannten Eilande Salamis gegenüber ein Herakleion finden, das als Sammel-

platz des eingeborenen Volks eine centrale Bedeutung gewonnen hat, ganz ebenso wie das der Gaditaner in Spanien — so geht doch durch diese Überlieferungen eine so vollständige Analogie, dass auch die zweite grosse Epoche in der Culturgeschichte des Mittelmeers, die der tyrischen Colonisation und ihrer Einwirkung auf den griechischen Cultus nach meinem Urtheile eine unzweifelhafte Thatsache ist, und man kann sich nur wundern, wie tief eingewurzelt das Vorurtheil ist, es sei eine heilige Pflicht des Philologen, das Land der Hellenen mit seinen offenen Küsten und seinem lernbegierigen Volke in den Anfängen seiner Cultur zu isoliren und aus dem Zusammenhange der Völkergeschichte herauszureissen. Handelsverkehr mit Fremden erfolgte immer unter religiösen Formen und dazu gehörte die Anerkennung von ausländischen Gottheiten. Das Herakleion an der Fähre von Salamis hat dieselbe Lage wie das der Aphrodite Migonitis (*κατὰ τὴν νῆσον ἐν τῇ ἠπείρῳ* Paus. 3, 220, 1); das sind die Plätze des ältesten Uferbazars, wo Griechen und Phönikier, Arier und Semiten sich zuerst verständigen lernten. Die Berührung zwischen diesen beiden Völkergruppen hat für alle Epochen der Menschengeschichte eine hervorragende Bedeutung gehabt; sie ist wie in Vorderasien, so in den Mittelmeerländern, eine Hauptepoche der Religionsgeschichte gewesen; die Berührungspunkte waren die ersten Keimstätten des geschichtlichen Lebens, und ich habe es deshalb immer für eine wichtige Aufgabe antiker Culturgeschichte gehalten, die phönikischen Küstenstationen im Peloponnes wie in Mittelgriechenland sorgfältig aufzuspüren.

An dieser Stelle möchte ich nur darauf aufmerksam machen, wie verschiedenartig das Verhalten der Griechen gegen die Gottheit von Sidon und die von Tyros gewesen ist. So allgemein und unbedingt jene die Aufnahme in den nationalen Götterkreis erreicht hat, so langwierig war der Kampf um die Gottheit des Herakles, auch da, wo sein Dienst am tiefsten Wurzel geschlagen hat, wo er am siegreichsten in's Binnenland vorgedrungen ist, wie dies in Attica der Fall war. Hier hat er von der salaminischen Bucht als Soter und Alexikakos in Melite einen Ehrensitz gewonnen, hier ist er von Athena selbst dem Götterkreise zugeführt worden, und dennoch ist es ihm nicht gelungen, einer der zwölf zu werden; er ist immer als ein nicht Ebenbürtiger behandelt worden. Wir sehen also, wie sich das Nationalgefühl, welches Aphrodite gegenüber noch durchaus macht- und widerstandslos war, allmählich entwickelt und dem tyrischen Gotte den Olymp verschlossen hat.

Der olympische Götterkreis ist die erste nationale That der Hellenen, und wir dürfen uns keine Mühe verdriessen lassen, um uns, so weit

es möglich ist, darüber Klarheit zu verschaffen, wie dieser Kreis zu Stande gekommen, woher die verschiedenen Gottheiten stammen, in welcher Folge sie nach einander Aufnahme gefunden und welche Umgestaltung sie durch dieselbe erfahren haben. Ich versuche deshalb, ohne irgend etwas Fertiges geben zu wollen, die Gesichtspunkte zusammenzustellen, die sich mir bei meinem Nachdenken über die geschichtliche Entstehung der hellenischen Götterwelt ergeben haben.

Die Zwölfzahl ist, davon können wir ausgehen, nicht aus religiösem Gefühl hervorgegangen; es ist eine, dem Naturleben entlehnte, politische Ordnungszahl, welche auf einer Übereinkunft beruht, die den Zweck hatte, einer Gruppe von Gottesdiensten gemeinsame Anerkennung zu sichern. Es war der Abschluss einer langen Zeit von Gährung und Unfrieden; denn wie die Nachbarstämme in den Zeiten der Siderophorie sich ununterbrochen befehdeten, so auch ihre Gottheiten. Es ist eine Ausnahme, wenn friedlich ein Gott den andern zum Genossen annimmt, wie Dionysos den Apollo in Delphi. Die Anhänger der Artemis und des Dionysos liegen sich mit fanatischen Heerschaaren einander gegenüber. Poseidon und Ares machen der jüngern Göttin Athena den Platz streitig, auf dem sie sich dem thrakischen Volke zum Trotz behauptet. Man sprach von der ἧττα τοῦ Ποσειδῶνος (Plut. Symp. Quaest. IX. 6). Das sind keine Gegensätze, die im Lande selbst aus einheimischen Keimen neben einander sich entwickelt haben, sondern darüber ist, so verschwommen im Einzelnen auch die Überlieferungen sind, nur eine Stimme, dass, wenn Stämme ausziehen, um neue Sitze zu gewinnen, auch ihre Gottheiten Anerkennung erreichen müssen. Es gilt als eine religiöse Pflicht, an allen neu entdeckten Landungsplätzen des einheimischen Gottes zu gedenken, die bis dahin geholfen haben (οἰκὸς ἀμφιπολεύουσαν — ἱρὸν Διός, ἔνθα ἀπίκετο, μνήμην αὐτοῦ ἔχειν Herod. II. 56), und Odysseus übernimmt es wie eine Mission, den Cult des Poseidon an die Küsten zu tragen, wo man das Ruder für eine Schaufel ansieht. Diese Missionen werden von einzelnen Stämmen, die zugleich Küstenvölker sind und spröde Bergstämme, wie die karischen Kaunier, als ein bedrohlicher Eingriff in ihre autochthone Selbständigkeit angesehen, und Jahr für Jahr halten sie in voller Waffenrüstung ihre kriegerischen Umzüge durch ihr Land, um dadurch zu bezeugen, dass sie, den väterlichen Gottheiten unbedingt und ausschliesslich treu, die eingedrungenen Fremdlinge wieder zum Lande hinausjagen (πατρίοισι μοῦνον χρᾶσθαι θεοῖσι — τοὺς ξεινικοὺς θεοὺς ἐκβάλλειν Herod. 1, 172). Auch diese religiöse Xenelasie, welche als Eigenthümlichkeit eines Volksstammes überliefert wurde, beweist ja nur, wie lebhaft und allgemein die Einführung überseeischer Culte war; die ganze Vorgeschichte der Hellenen beruht auf dem Austausch des materiellen

und geistigen Besitzes der benachbarten Gestade, auf der Gründung von Filialen auswärtiger Heiligthümer. Herodot trägt es seinen Landsleuten wie eine von Keinem bezweifelte Thatsache vor, dass die Namen ihrer Landesgötter aus dem Auslande kommen (τὰ οὐνόματα τὰ ἀπο τῶν βαρβάρων ἥκοντα), und erläutert dadurch die sprachliche Beobachtung Buttmann's, von der wir ausgingen. Wir handeln also gewiss nicht im Sinne der Alten, wenn wir ihnen zu Ehren eine Grenzsperre durch das ägäische Meer zu ziehen uns verpflichtet glauben und als moderne Kaunier alle überseeischen Gottheiten austreiben.

Es handelt sich aber nicht nur um Küstenplätze, sondern auch zu Lande sind Götter eingewandert, und wie deutlich sich die Alten des über Land und Meer reichenden grossen Zusammenhanges ihrer Götterwelt bewusst waren, zeigt Homer, wenn er, nachdem Ares und Aphrodite zusammen gekommen sind, die Göttin nach Paphos zurückkehren lässt, den Gott nach Thrakien. Hier haben wir es nicht mit einer poetischen Fiction zu thun, denn für den Dichter sind die Ortsbestimmungen gleichgültig, sondern mit Thatsachen, die feststanden im Bewusstsein des Volks. Die Heimath der Aphrodite ist topographisch genau bekannt und bezeugt. Die Stationen continentaler Götterdienste sind ihrer Natur nach weit schwerer zu bestimmen; man hatte nur das sichere Gefühl, dass Ares im nordischen Gebirgslande seine Heimath habe.

Merkwürdig ist, wie die Alten selbst die geschichtliche Bewegung anerkannt haben und sich der Altersunterschiede in den Gottesdiensten bewusst waren, wie sie die παλαίχθονες von den jüngeren Göttern unterschieden, die νομισθέντες ἐξ ἀρχῆς von den ἀνὰ χρόνον λαβόντες τὴν φήμην (Paus. 2,26, 6). Man sprach von der Ankunft des Poseidon, die der von Athena vorangegangen, wie von einer geschichtlichen Thatsache (ἧκε πρῶτος Ποσειδῶν ἐπὶ τὴν Ἀττικὴν Apollod. III, 14), und mit Hülfe volksthümlicher Vasenbilder und der unschätzbaren Mittheilungen, welche wir Pausanias über volksthümliche Anschauungen der Alten verdanken, können wir uns auch eine Vorstellung von der Wasserwelt der Hellenen machen, ehe Poseidon und Amphitrite ihren Thron aufgerichtet haben, von der Zeit, wo die Küstenleute nur ihren 'Alten vom Meere' (ἅλιος γέρων), ihren Nereus und Triton hatten. Vergl. Percy Gardner Journal of philology VII p. 215 ff.

Vielleicht ist es möglich, aus der Überlieferung der Alten gewisse Kennzeichen für die ältere oder jüngere Aufnahme der Gottheiten zu gewinnen.

Ich habe schon in meinen Studien über die Geschichte der Artemis darauf hingewiesen, dass die Übertragung ihres Cultus von Osten her in den von ihr sogenannten 'saronischen' Golf nicht zu be-

zweifeln sei. Daraus, dass er in Attica eine bedeutende Verbreitung gefunden, welche die des Athenacultus übertrifft (Sitzungsber. der Akad. 1887 S. 1169), und dass über seine Einbürgerung keinerlei Überlieferungen vorhanden sind, dürfen wir auf ein sehr hohes Alter schliessen. Ein hervorragender Sitz war Munichia, wo die ersten, den Hellenen stammverwandten Seeleute, die Minyer, gewohnt haben. Mit ihren Ansiedelungen glaube ich also den Dienst der attischen Artemis in Verbindung setzen zu dürfen; sie ist jünger in Attica als Aphrodite Urania, älter als Poseidon und Athena. Von denselben Gottheiten giebt es nach den Örtlichkeiten, wo sie Aufnahme fanden, verschiedene Sagen. Dionysos erzwingt sie und zwar von der Wasserseite her, wie seine Züge mit den Meerweibern im Golf von Argos (Paus. II, 22,1) und sein Kampf mit Triton an der böotischen Küste zeigen. Nach Athen kommt er von der Landseite und wird feierlich willkommen geheissen. Im Athenadienste haben wir keine Überlieferung, welche, wie bei Aphrodite, in volksthümlicher Weise einen überseeischen Ursprung und jenseitigen Ursitz bezeugte; er ist aber durch das Meerbad des Bildes, durch das ihr heilige Schiff und vor Allem durch den Ölbaum mit den jenseitigen Gestaden auf eine zweifellose Weise verbunden. Was endlich den Apollo betrifft, so steht er allen Gottesdiensten, die keine Adventsagen haben, als derjenige gegenüber, dessen Überkunft die letzte grosse Epoche der vorgeschichtlichen Zeit bezeichnet. Sein Kommen ist in Ortslegenden und Hymnenpoesie so reich bezeugt, dass wir alle wichtigeren Missionsplätze und die Wege der Verbreitung nachweisen können. Erst durch seine Ankunft ist es möglich geworden, dem Zeitalter der Götterfehden ein Ende zu machen und die Gottheiten alle zu einem Ganzen zu verbinden. Durch ihn ist das nationale Prinzip zum Siege gekommen, und dadurch dem tyrischen Stadtgotte der Olymp verschlossen.

So ist es vielleicht möglich, in andeutenden Linien den Übergang aus der starren Autochthonie der ältesten Landesbewohner zu dem hellenischen Götterkreise verständlicher zu machen. So wenig wir von dem Geologen eine Chronologie der Thatsachen verlangen, deren Endergebniss das gegenwärtige Bodenrelief ist, eben so wenig ist es dem Mythologen möglich mehr nachzuweisen, als die muthmaſsliche Folge der Schichten, aus denen sich auf Grund des zunehmenden Völkerverkehrs das Götterwesen der Hellenen aufgebaut hat.

Wenn es der Völkerverkehr war, der den griechischen Polytheismus in das Leben gerufen hat, und das Bestreben, durch gegenseitige Anerkennung der wichtigsten Gottesdienste einen friedlichen Völkerverkehr herzustellen, so folgt daraus, dass es die Hauptgötter der verschiedenen Völkerschaften waren, welche man im Kreise der Olym-

pier vereinigte, um ihnen dadurch eine nationale Geltung zu verschaffen.

Wenn ursprünglich selbständige Gottheiten in einen geschlossenen Götterkreis aufgenommen wurden, so konnte dies nicht ohne mannigfache Umgestaltung ihres Wesens und Beschränkung ihrer Machtsphäre geschehen. Zwar wurde das besondere Verhältniss, in welchem die einzelnen Gottheiten zu Städten und Stämmen standen, nicht aufgehoben; Aphrodite ist in Korinth immer die erste geblieben, wie Hermes in Tanagra, Ares in Theben, aber als Mitglieder des nationalen Götterkreises wurden sie auf gewisse Gebiete eingeschränkt, wie es geschieht, wenn gleichberechtigte Mitglieder eines Herrschergeschlechts sich das Erbe theilen oder wenn die Vollmacht des Königthums in verschiedene Amtskreise übergeht. Nach Analogie der Heraklidenloosung, auf welche die Gliederung der peloponnesischen Staaten zurückgeführt wurde, dachte man sich also auch die Weltherrschaft der Olympier gleichsam in Provinzen gegliedert und sagte vom Poseidon, ihm sei als sein Loos die Salzfluth zugefallen (ἔλαχον πολιὴν ἅλα Il. 15,190). Dass er aber nicht von Hause aus Meergott gewesen sei, erhellt daraus, dass er als Quellspender (κρηνοῦχος) und Ernährer der Saaten (φυτάλμιος) geehrt wurde. Die Weihgeschenke mit Haarflechten, die ihm dargebracht wurden, zeigen, dass er in Thessalien der Gott war, welchem man die Blüthe der heranwachsenden Jugend dankte; in Korinth sehen wir am deutlichsten, wie man ihn als den Spender alles dessen ansah, was das Glück und den Stolz des Landes bildete, Rosszucht, Weinbau und künstlerische Technik. Er war ein zeusartiger Gott, und nur deshalb, weil sein Dienst zuerst bei Küstenvölkern ausgebildet und zu Wasser herübergebracht ist, ist er zum Seegott geworden. Eben so wenig wie Poseidon, ist Hephaistos ursprünglich ein Gott des Elements. Er wird mit dem Zeus Areios gleich gestellt, dem Oinomaos als dem höchsten Gotte opfert (Paus. 5,14) und der in Passaron ein Heiligthum hatte, das ein heiliger Mittelpunkt der Epiroten war (Plut. Pyrhos c. 5). Hermes ist ein zeugungskräftiger Naturgott, als ἐριούνιος so gewaltig in Ober- und Unterwelt, dass kein gleichberechtigter denkbar ist; darum war er bei den Thrakern der Stammgott der Könige (Her. V, 2) die gewiss nicht auf einen untergeordneten Gott ihr Geschlecht zurückführen wollten. Auch Dionysos ist ein universaler Gott, dessen Segenskraft in dem Ei angedeutet ist, das er auf den bötischen Reliefs in der Hand trägt, ein Quellgott wie Zeus Ammon, Zeus ebenbürtig und auf alten Bildern ihm voranschreitend (Monum. IX,17). Ares endlich zeigt die deutlichsten Spuren einer ursprünglich universalen Machtsphäre. Als Segenspender (ἀφνειός) ehrten ihn die Tegeaten und liessen ihn aus der Brust einer gestorbenen

Mutter dem durstenden Kinde Nahrung spenden; ihn feiern die Hymnen als den, der blühende Jugendkraft verleiht; der Areshain wird auch Zeushain genannt (Welcker Gr. Götterl. I, 419). Von den weiblichen Gottheiten habe ich früher nachzuweisen gesucht, wie jeder derselben die Idee einer ζωογόνος θεά zu Grunde liegt (Alterthum und Gegenwart II, 50).

Jeder Olympier ist ursprünglich ein ganzer Gott, ein voller Gott, so wie ihn das Gemüth des Menschen verlangt, der im Gefühl der Unzulänglichkeit seiner Kräfte eines überweltlichen Wesens bedarf, das ihm in allen Lebenslagen helfen kann, ohne dass er sich zu besinnen braucht, an welcher Tempelpforte er anklopfen soll, an welchen unter den Vielen er sich zu wenden habe, als den Specialisten in dem besonderen Fache. Dies natürliche Gottesbedürfniss des Menschen tritt uns auch bei den Naturvölkern entgegen, wie wir sie durch die Missionare kennen lernen. Von den Bassuto Transvaals z. B. sagt Merensky in seinen Erinnerungen aus dem Missionsleben in Süd-Afrika: 'sie reden von Gott als einem höchsten Wesen, verbinden aber mit dieser Vorstellung nicht den Begriff einer Persönlichkeit. Gott ist die lebenspendende und todsendende Macht'.

Die Geschichte der Götter ist mit dem Eintritt in den Zwölfkreis nicht zu Ende. Innerhalb desselben behalten die Gottheiten zu den einzelnen Stämmen und Städten ihr besonderes und lebensvolles Verhältniss. Der ideale Inhalt des Gottesbildes wächst mit der geistigen und politischen Entwickelung der Volksgemeinde, und die Poesie nimmt die Ausgestaltung der Götterwelt nach Art eines menschlichen Familienkreises in ihre Hand. Das Schicksal der göttlichen Personen ist aber sehr verschiedenartig; ihre ursprüngliche Ebenbürtigkeit tritt immer mehr zurück und das Maſs von Ehrerbietung, das ihnen gezollt wird, hängt damit zusammen, wie weit die Stämme und Geschlechter, denen sie ursprünglich angehören, an der vollen Entwickelung hellenischer Geistesbildung Antheil haben oder zurückgeblieben sind. Ares behält den Charakter seiner Landsleute im Norden; ungebärdig, ein wüster Raufbold, ist er dem Vater der Götter verhasst und wird von Athena wie ein Junge behandelt, bei dem keine Aussicht vorhanden ist, dass er zu einer von Leidenschaften freien, sittlichen Persönlichkeit reife.

Der Einfluss des Standesgefühls macht sich geltend. Je mehr sich der Dienst des Hephaistos auf die Handwerkerkreise beschränkt, um so dreister werden alle Mängel des Handwerkerstandes im Vergleich mit den das Gemeinwesen nach aussen vertheidigenden und im Innern leitenden Eupatriden auf den Gott übertragen; im Sinne der ritterlichen Poesie wird er zu einer lächerlichen Figur, der sich zwischen den Olympiern ebenso wenig zu benehmen weiss, als wenn ein in

ihrer Mitte ausgebildet haben, zur Herstellung eines vollen Nationalgefühls zu vereinigen. Die Athener haben dies am sichersten erkannt, am glücklichsten durchgeführt, und der Zwölfgötteraltar der Pisistratiden kennzeichnete ihre Stadt schon als einen Sitz öffentlicher Gastfreundschaft und friedlichen Völkerverkehrs, als einen geistigen Mittelpunkt aller Land- und Seestämme, welche an der Ausbildung des hellenischen Volkscharakters einen wesentlichen Antheil genommen haben.

So lange den Menschenkindern nicht zum Bewusstsein gebracht ist, dass sie nach dem Bilde Gottes geschaffen sind, machen sie die Gottheit nach ihrem Bilde, und auf diesem Wege der Anthropomorphie haben die Hellenen das Höchste geleistet, indem sie alle edelsten Kräfte des Menschengeistes, Weisheit, Tapferkeit, Barmherzigkeit, Wahrheitsliebe auf ihre Gottheiten übertrugen. Dadurch wurden dieselben ethische Vorbilder, ideale Gestalten, um welche die Besten des Volks sich einigten. Daher die Erbitterung gegen die Poeten, welche die Ideale herabzogen, zu denen auch Sokrates und Platon mit Ehrerbietung aufschauten.

Im Anschluss an frühere Betrachtungen habe ich den Versuch gemacht, das Götterwesen in seiner geschichtlichen Bewegung aufzufassen, denn alles geschichtlich Gewordene lässt sich doch nur begreifen, wenn man es werden sieht.

Das Gewöhnliche aber ist bis auf den heutigen Tag, dass man die Götter als stereotype Figuren hinstellt und sie als etwas beschreibt, was immer dasselbe geblieben sei. Ohne Früheres und Späteres, ohne das lose Spiel der Poesie von dem religiösen Kern zu unterscheiden, pflegt man noch immer sämmtliche Prädikate und Thätigkeiten, die den Gottheiten zugeschrieben wurden, als gleichwerthig und gleich echt an einander zu reihen, und dann den Scharfsinn daran zu üben, im Naturleben etwas aufzufinden, worauf möglicher Weise die ganze, bunte, scheinbar unvereinbare Mannigfaltigkeit von Charakterzügen sich vereinigen lasse. So ist die griechische Mythologie zu einem Räthselspiel geworden. Die ganze Natur wird in Anspruch genommen, um bald in den verschiedenen Schichten der Luft, bald in den Wirkungen der Himmelskörper, bald im Wasser, bald im Feuer den versteckten Keim zu finden, aus welchem die Götter herangewachsen sind. Nur der wahre, allgemein menschliche Keim aller Religion ist dabei nicht in's Auge gefasst, und Niemand hat im Olymp die Vertretung elementarer Kräfte nachweisen, Niemand erklären können, wie ein vernunftbegabtes Volk dazu kommen konnte, aus der Salzfluth oder der Erdnässe oder dem Winde die Idee einer Gottheit zu gewinnen, dem es sich im Glück und Noth, im Leben wie im Tode anvertrauen will.

Einfluss auf die Weltbegebenheiten, auch ohne individuelle Persönlichkeit. Den Landesbewohnern sind sie menschlich immer die nächsten geblieben, im öffentlichen Cultus aber hinter den Olympiern zurückgetreten, denen das Nationalgefühl der Hellenen die Tempel errichtet, die Bilder geschaffen, die grossen Feste gestiftet hat. Hier würden wir nach meinem Urtheil irre gehen, wenn wir nach einer 'Naturbasis' suchen wollten; die Olympier lassen sich nicht aus Aether und Luft, aus Erdwärme und Bodennässe, aus Wind und Gewittern erklären; sie sind als ganze und volle Gottheiten in den Verein eingetreten, den Hestia zu einem Familienkreise gemacht hat.

Ausgegeben am 6. November.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1890.
XLIV.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

---

6. November. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Mommsen.

Hr. von Sybel las: Zur Geschichte des heiligen Rocks in Trier.

Ausgegeben am 20. November.

1890.
XLV.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

---

13. November. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Mommsen.

Hr. Zeller las: Über die Abfassungszeit des platonischen Theätet.

Ausgegeben am 20. November.

1890.
XLVI.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

---

13. November. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. C. Klein übergab eine Mittheilung des Hrn. Dr. F. Rinne hierselbst über die Umänderungen, welche die Zeolithe durch Erwärmen bei und nach dem Trübewerden erfahren.

Die Mittheilung folgt umstehend.

Über die Umänderungen, welche die Zeolithe durch Erwärmen bei und nach dem Trübewerden erfahren.

Von Dr. F. Rinne
in Berlin,
Assistenten am mineralogisch-petrographischen Institut der Universität.

(Vorgelegt von Hrn. Klein.)

Die Versuche, welche auf die Erforschung des Einflusses einer erhöhten Temperatur auf die optischen Eigenschaften der Krystalle gerichtet waren, haben besonders in neuerer Zeit zu einer Fülle von Beobachtungsergebnissen geführt, die ihrerseits wiederum zu wichtigen, theoretischen Erörterungen Anlass gegeben haben.

Viele Minerale haben sich für derartige Untersuchungen sehr zugängig erwiesen. Sie lassen die Einwirkung einer ausserordentlich gesteigerten Temperatur auf sich zu, ohne der Beobachtung ein Ziel zu setzen. Erst das Schmelzen ihrer Substanz macht dem Versuche ein Ende.

Bei manchen anderen ist die Grenze des Beobachtungsbereiches wesentlich enger gezogen. Die in vieler Beziehung so wichtigen Zeolithe gehören in diese Gruppe. Diese wasserhaltigen Minerale, auf deren eigenartiges Verhalten beim Erhitzen, nach dem Vorgange von Ben-Saude, besonders Mallard die Aufmerksamkeit der Mineralogen gelenkt hat, geben unter dem Einflusse der Wärme Wasser ab, werden bald trübe, lichtundurchlässig und nöthigen dadurch den Forscher, seine Versuche im durchfallenden Lichte schon vor Erreichung der Schmelztemperatur aufzugeben.

Solche stark erhitzte Zeolithe bieten das bekannte, unansehnliche Äussere trüber Substanzen dar. Ihr Anblick legt die Vermuthung nahe, dass der gesetzmässige Aufbau des Minerals durch die gewaltsame Wasserentziehung zu Grunde gerichtet sei, und dass nunmehr nur ein wirres Haufwerk der einzelnen Theile vorliege, das den Rahmen des einst vorhandenen, regelmässig gefügten Krystalls noch inne hat. Diese Vermuthung ist es denn auch wohl gewesen, welche

die Forscher von der systematischen Untersuchung der trüben Substanzen abgehalten hat. In dieser Meinung hat auch der Verfasser[1] seiner Zeit seine Erhitzungsversuche am Heulandit beim Eintritt der Trübung der Krystallblättchen abgebrochen.

Dass nun aber die eingetretene Trübung zunächst in der That nicht die Erforschung der neu durch die Hitzewirkung entstandenen Substanzen unmöglich macht, zeigt ein einfacher Versuch. Die Lichtundurchlässigkeit war bei den untersuchten Mineralen auf das Leichteste zu entfernen: ein Tropfen Öl, auf das trübe Blättchen gebracht, genügt, letzterem seine Klarheit wieder zu verschaffen. Es ist überraschend zu sehen, wie z. B. ein durch Erhitzen trübe und unansehnlich gewordenes Desminblättchen, wenn man es in einen Öltropfen gleiten lässt, schon im Augenblicke des Untersinkens klar wird, dem Auge in Folge wieder erlangter Durchsichtigkeit fast entschwindet und wasserhell erscheint, noch ehe es auf dem Grunde des Tropfens zur Ruhe gekommen ist.

Die Untersuchung der in Öl aufgeklärten Blättchen ergiebt nun fernerhin, dass beim Austritt von Wasser und bei der damit verbundenen Trübung kein Zusammensturz des Krystallaufbaues statt findet, vielmehr die Theilchen noch in vollkommen gesetzmässiger Lagerung verharren und eine neue Gleichgewichtslage angenommen haben.

Spricht schon die Thatsache nicht für einen Zerfall der Krystallstructur, dass die Festigkeit des aufgeklärten Blättchens meist durchaus nicht gelitten hat, so dass es ohne zu zerfallen erfasst und z. B. durch Abwischen vom Öl gereinigt werden kann, so wird man vollends bei der Betrachtung im polarisirten Licht von der Regelmässigkeit der Umlagerung überzeugt durch die Beobachtung, dass die Theilchen noch wohlgeordnet neben einander liegen, das Blättchen einheitlich in seiner optischen Wirkung erscheint und als leicht der Untersuchung zugängliche Substanz sich erweist.

Verfasser befand Öl als ein sehr geeignetes Aufklärungsmittel für die trüben Blättchen, indess können auch andere Flüssigkeiten zur Aufhellung benutzt werden. Öl ist indess gegenüber manchen anderen zu empfehlen, da es nicht verdunstet und vor allem wasserfrei ist. Auch Canadabalsam hellt die Schliffe gut auf. Gegenüber diesem Mittel hat indess Öl den Vortheil, dass in ihm ein Schieben, Wenden und Drehen der Blättchen bez. Kryställchen leichter möglich ist als in dem mehr oder minder zähen, kleberigen Balsam. Letzterer wird hingegen zum Aufbewahren der Blättchen auf Object- und unter Deckglas zweckmässig verwandt.

---

[1] F. Rinne: Über Faujasit und Heulandit. N. Jahrb. f. Mineralogie u. s. w. 1887. Bd. II. S. 36.

Die Untersuchungen wurden hauptsächlich an Blättchen (Schliffen und Spaltplatten) ausgeführt. Die Erwärmung geschieht in genügender Weise und am einfachsten auf Objectgläschen über der Spiritusflamme, will man sehr hohe Temperaturen erzielen, auf Platinblech über dem BUNSEN'schen Brenner. Das erhitzte Blättchen schiebt man leicht auf einen bereit stehenden, zweiten Objectträger in ein Tröpfchen Öl. Erwärmt man mehrere Platten zugleich, so kann man die einzelnen zu verschiedenen Zeiten in bestimmten Zwischenpausen der Wirkung der Flamme entziehen, in reihenförmig auf einem Objectträger angeordneten Öltröpfchen bergen und so die Steigerung des dauernden Hitzeeinflusses an den Blättchenreihen verfolgen.

Recht werthvoll bei den Untersuchungen ist es zuweilen, dasselbe Praeparat nach verschiedenen Richtungen zu besehen. Man lässt zu dem Zwecke die Blättchen etwas dicker oder benutzt rundum ausgebildete Kryställchen, welche man auf einem Uhrgläschen in Öl oder Balsam rollen lässt oder auf dem gewöhnlichen Objectträger auf die betreffende Fläche stellt.

Auch hier kann die Methode der Umhüllung der Krystalle mit isotropen Medien ähnlicher Brechbarkeit[1] mit Vortheil verwandt werden, zumal wenn es sich darum handelt, die Krystalle in Richtungen zu prüfen, gegen welche senkrecht einen guten Schliff auszuführen in Folge vollkommener Spaltbarkeit unmöglich bez. eine starke Geduldsprobe ist.

Da ganze Krystalle oder dickere Platten leicht spaltender Minerale sich leichter ohne zu zerbrechen verschieben und zum Zwecke der Übertragung anfassen lassen als dünne Blättchen, so kann man in schwierigeren Fällen erstere der Erhitzung aussetzen, in Balsam legen und dann erst zum Dünnschleifen schreiten. Natürlich ist bei letzterem nicht Wasser sondern Öl anzuwenden, um Wasseraufnahme zu verhindern. Im Allgemeinen sind jedoch die letzterwähnten umständlicheren Verfahren vollkommen überflüssig, da die durch Hitzewirkung aus den Mineralen hervorgehenden Substanzen sich meist noch als wohl gefestigt erweisen.

Die Zeolithe wandeln sich beim Erhitzen in wasserärmere bez. wasserfreie Verbindungen um, die man folgerichtig nicht mehr Zeolithe nennen kann, da letzterer Name nur den in der Natur vorkommenden Mineralen zukommt. Wegen der Ähnlichkeit der entstandenen Körper mit den Zeolithen und wegen ihrer Beziehungen zu letzteren kann man sie als Metazeolithe bezeichnen und fernerhin

[1] C. KLEIN: Über eine Methode, ganze Krystalle oder Bruchstücke derselben zu Untersuchungen im parallelen und im convergenten polarisirten Lichte zu verwenden. Diese Berichte, 1890. XVIII S. 347 und XXXII S. 703.

im Einzelnen von Desmin und Metadesmin, Natrolith und Metanatrolith u. s. w. reden, falls man nicht die umständliche Beschreibung des vorliegenden Umänderungsproductes zur Bezeichnung vorzieht.

Die Untersuchung der hauptsächlichsten Metazeolithe ist in den folgenden Seiten in ihren Ergebnissen wiedergegeben worden.

Vor Eintritt in diesen Hauptheil vorliegender Arbeit möchte ich auch an dieser Stelle Hrn. Geh. Bergrath Prof. C. Klein meinen besten Dank ausdrücken für die Überlassung des mannigfachen, werthvollen Materials, sowie für die mir bereitwilligst und im reichen Maasse gewordene Unterstützung durch Rath und That.

Natrolith.

Für die in Rede stehenden Untersuchungen lieferte das Vorkommen vom Puy de Marman in der Auvergne ein vorzügliches Material. Die schönen, klaren Krystalle erweisen sich, wie bekannt, mit den charakteristischen, optischen Eigenschaften eines rhombischen Minerals ausgestattet und man weiss, dass nach Des-Cloizeaux[1] die Ebene der optischen Axen im Brachypinakoid liegt und in letzterem die erste positive Mittellinie mit der c-Axe zusammenfällt. Der Winkel der optischen Axen ist gering ($2\,V = 59^\circ\,29'$ für rothes Licht nach Des-Cloizeaux).

Diese einfachen Verhältnisse finden zunächst ihren Ausdruck in dem Verhalten der unerhitzten Platten parallel der Längsrichtung der Krystalle. Die Projection der Axe c ist bei allen im optischen Sinne Richtung der kleinsten Elasticität[2], wie am leichtesten die Betrachtung mit dem Gypsblättchen vom Roth I. Ordnung lehrt.

Werden solche parallel der Axe c gefertigte Blättchen bis zum Trübewerden erhitzt, in Öl aufgeklärt und im parallelen, polarisirten Lichte betrachtet, so gewahrt man, abgesehen von einer Verringerung der Stärke der Doppelbrechung, keine sonderlich hervorstechenden Umänderungen in den optischen Eigenschaften. Auch die Anwendung des convergenten, polarisirten Lichts fördert keine Anzeichen für weitgehende Veränderungen zu Tage.

Und dennoch haben sich grosse Umwälzungen im Krystallaufbau unter dem Hitzeeinfluss und der dadurch hervorgerufenen Wasserabgabe vollzogen.

---

[1] Des-Cloizeaux: Manuel de Minéralogie s. I. 1862. S. 383.

[2] Die Auslöschungskreuze in den Figuren sind stets so gezeichnet, dass der längere Kreuzesarm der Richtung der grösseren, der kürzere derjenigen der kleineren Elasticität entspricht.

Schliffe senkrecht zur Säulenrichtung der Krystalle decken die Verhältnisse auf.

Nicht erhitzte Blättchen bieten die leicht verständliche Erscheinung dar, welche Fig. 1 veranschaulichen soll. Es ist die Erscheinung eines einfach aufgebauten, rhombischen Minerals. Der Anblick des zunächst getrübten, dann aufgehellten Blättchens lehrt, dass eine andere Gleichgewichtslage Platz gegriffen hat, deren charakteristischer Ausdruck eine zwillingsmässige Feldertheilung der Platten nach o P(001) ist. Fig. 2 stellt ein solches Verhältniss dar.

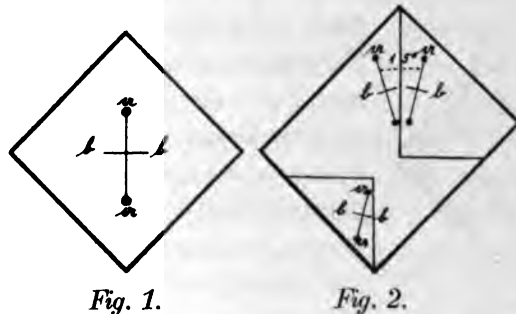


Fig. 1. *Fig. 2.*

In dem Haupttheil der Platte haben sich mit bewundernswerther Schärfe der Umrandung zwei Felder herausgebildet, die zugleich und mit einer Schiefe von etwa $7\frac{1}{2}°$ zu einer Zwillingsgrenze auslöschen. Auch der Haupttheil der Platte löscht unter gleicher Schiefe zur nämlichen Linie aus, so dass von Dunkelheit zu Dunkelheit gemessen ein Auslöschungsunterschied von 15° zwischen den anliegenden Feldern festzustellen ist. Die Vertheilung der Elasticitätsaxen lehrt die Figur. Auch die Erscheinung im convergenten, polarisirten Lichte ist aus derselben abzulesen, gleichwie, unter Berücksichtigung der Vertheilung der Axen $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{b}$, der positive Charakter der Mittellinie.

Es folgt aus Obigem:

Der Natrolith ist durch die Hitzewirkung und den dabei stattfindenden Wasserverlust zu monoklinem Metanatrolith geworden.

Die Umstellung der Substanz hat sich in krystallographischer Beziehung so gestaltet, dass die frühere Säulenrichtung (c-Axenrichtung) zur Orthodiagonale geworden ist. Die frühere Basis stellt mithin jetzt das Klinopinakoid dar. Die erste, positive Mittellinie fällt mit der Orthodiagonale zusammen. Die früheren Prismenflächen können als $P\bar{\infty}(\bar{1}01)$ und $-P\bar{\infty}(101)$ aufgefasst werden.

Zugleich ist die Substanz zu einer Zwillingsgruppe zerfallen. Die Zwillingsebenen können als $\infty P\bar{\infty}(100)$ und $oP(001)$ betrachtet werden. Die Auslöschungsschiefe würde im vorliegenden Falle auf $\infty P\grave{\infty}(010)$ $7\frac{1}{2}°$ zur Richtung der Axe c betragen.

Diese beschriebene Umlagerung lässt eine weitere Ausbeute an interessanten Thatsachen zu.

Zunächst sei erwähnt, dass weitergehende Feldertheilungen die Erscheinung mannigfaltiger gestalten können. Als Beispiele mögen die in Fig. 3 und 4 dargestellten Platten dienen. Sie stellen Schliffe aus demselben Krystall dar. Der Schliff der Fig. 3 war dem oberen, flächentragenden, derjenige der Fig. 4 dem unteren, abgebrochenen Krystallende genähert.

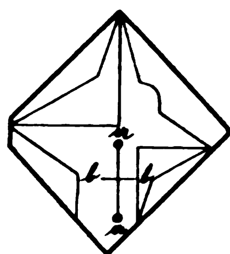


Fig. 3.

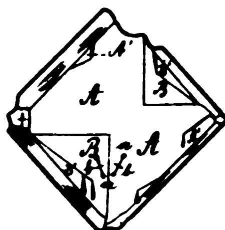


Fig. 4.

Der erstere Schliff (Fig. 3) war nur wenig über die Temperatur, bei welcher Trübung eintritt, erwärmt. Er zeigt sehr zart aber scharf die besprochene Feldertheilung. Diese inneren Felder sind aber ferner von Aussentheilen an allen vier Prismenkanten umgeben.

Die Auslöschungsrichtungen weichen nur sehr wenig von den Diagonalrichtungen der Platte ab, in welche sie bei dem unerwärmten Natrolith hineinfallen. Die Erscheinung im convergenten, polarisirten erscheint sogar gar nicht merklich verändert.

Der zweite Schliff (Fig. 4) ist stärker als der vorige noch nach dem Trübewerden erhitzt worden.

Die Beziehung zu Fig. 2 und 3 ist unschwer zu erkennen. Die in Fig. 2 allein vorhandenen Innenfelder sind mit *A* und *B* bezeichnet. Für sie ist im vorliegenden Falle eine Schiefe der Auslöschung von je 34° bezeichnend, die zu der sehr geringen Schiefe des minder stark erwärmten Schliffes (Fig. 3) in Gegensatz tritt.

Offenbar macht sich hier ein Einfluss der Wärme und des Hand in Hand gehenden Wasserverlustes auf die Stellung der Ebene der optischen Axen geltend, insofern als eine wachsende Schiefstellung der Axenebene zur Zwillingsgrenze mit steigender Temperatur, d. h. steigendem Wasserverlust, stattfindet. Es sind dies Verhältnisse, wie man sie z. B. beim Heulandit schon früher beobachtet hat.[1] Hier vollziehen sie sich in der trüben Substanz.

Innerhalb der Felder *A* und *B* haben sich Zwickel *A'* und *B'* herausgebildet. Die Schiefen der Auslöschungsrichtungen sind geringer als in den Theilen *A* und *B*; sie betragen etwa 18°.

Den Rand des Schliffes nehmen Stellen ein, welche, an die Prismenkante sich anschliessend, den Rahmen um das innere Bild bilden. Sie sind, wie die Figur zeigt, nicht einheitlich gebaut. Die

[1] Mallard: Bullet. de la Société minéralog. de France, 1882, p. 255. — W. Klein: Zeitschr. f. Krystallogr. u. s. w. Bd. IX, S. 38. 1884. — F. Rinne: N. Jahrb. f. Mineral. u. s. w. 1887. Bd. II. S. 17.

in ihnen hell gelassenen bez. dunkel angelegten Stellen löschen verschieden aus, und zwar die letzteren zusammen mit den nicht anliegenden Innenfeldern *A* bez. *B*, die ersteren zusammen mit den nicht anliegenden Zwickeln *A'* bez. *B'*.

Die Randfelder und die ihnen anliegenden Innenfelder haben hiernach sehr schief auf einander stehende Ebenen der optischen Axen.

Nicht vergessen werden sollen schliesslich zwei kleine Felder rechts und links an den Enden des Schliffes, deren Bedeutung sich beim Überblick der Gesammterscheinung des Schliffes ergiebt.

Dieser Überblick lehrt eine nicht zu verkennende Gleichartigkeit zwischen der Anlage der entstehenden Felder und den am Natrolith zu beobachtenden Flächen.

Man wird durch die Felder *A* und *B* an die vier Pyramidenflächen des Natroliths erinnert, die, wie bekannt, so oft durch Vicinalflächen zum Theil ersetzt werden. Nicht schwer ist es, in den Zwickeln *A'* und *B'* die Analoga dieser Vicinalflächen sich vorzustellen. Ja, sogar die Streifung findet ihren Ausdruck, wie man beim aufmerksamen Beobachten erkennt.

Die Randtheile schliessen sich an die Prismenflächen an. Zwei unbedeutende Feldchen rechts und links entsprechen dem seitlichen Pinakoid. Man hat hiernach eine Feldertheilung mit Anklängen an die Form der Krystalle vor sich.

Die Bedeutung dieser Verhältnisse soll weiter unten nicht unerörtert bleiben.

Hier sei zunächst eine weitere Gesetzmässigkeit in der Erscheinung festgestellt: Die Umänderungen des Natroliths, die beim Wasserverlust sich einstellen, vollziehen sich im Rahmen der alten Form.

Bekanntlich sind bei Temperaturveränderungen Übergänge einer Modification einer Substanz in eine andere Modification unter Formveränderungen keine Seltenheit.

Im Gegensatz zu derartigen Körpern, welche in den mit der Temperatur wechselnden Gleichgewichtslagen dieselbe empirische Zusammensetzung bewahren, erleidet der Natrolith bei seiner Erhitzung einen Substanzverlust durch Wasserabgabe. Dennoch lassen sich keine merklichen Formänderungen wahrnehmen. Die verschiedentlich vorhandenen, rechtwinklich auf einander stehenden Kanten lassen auch nach der Trübung keine Abweichung aus ihrer früheren Lage erkennen, und Neigungswinkel zwischen Pyramiden- und Prismenflächen wurden, unter Berücksichtigung der möglichen Fehlergrenzen, am Reflexionsgoniometer als ungeändert befunden. Nicht ohne Interesse war es zu sehen, wie selbst die Vicinalflächen der Pyramiden ihre Stellung behielten.

Es bildet somit der Natrolith eine Bestätigung für die Annahme, dass ohne merkbare Formveränderungen in einem ursprünglich höher symmetrischen Körper eine Umlagerung in Theile von niederer Symmetrie möglich ist.

Die Bedingung für das Zustandekommen der besprochenen Umänderungen des Natroliths ist die Wasserabgabe. Die Erhaltung der Substanz in monokliner Gleichgewichtslage ist an die Unmöglichkeit des Wasserersatzes gebunden. Im gehärteten Canadabalsam, unter Deckglas, liegen die Platten anscheinend sicher und vor Wasseraufnahme geschützt. Sie erhalten ihre bezeichnenden, optischen Eigenschaften bei, nachdem sie längst die Temperatur ihrer Umgebung angenommen haben.

Bleiben die Platten an der Luft einige Stunden liegen, so schwinden die Feldertheilungen, offenbar in Folge der durch Wasseraufnahme bewirkten Wiederherstellung der wasserreicheren Substanz. Die trübe Masse der Schliffe hellt hierbei nicht auf, und erst nachdem man mit Öl auch diese Blättchen aufgeklärt hat, kann man die Rückkehr des früheren, rhombischen Zustandes erkennen. Der Erneuerung des Versuches an demselben Blättchen steht nichts im Wege. Mit Leichtigkeit stellt sich beim zweitmaligem Erhitzen der Substanz die Feldertheilung auf den Platten nach $0P(001)$ wieder ein, um nach längerem Liegen an der wasserdampfhaltigen Luft zur einfacheren Erscheinung der rhombischen Gleichgewichtslage zurückzukehren.

Skolecit.

Zur Untersuchung des Skolecits wurden die prächtigen Krystalle vom Berufjord in Island verwandt.

Die optischen Verhältnisse derselben kennzeichnen sich dadurch, dass in der monoklinen Substanz die Ebene der optischen Axen in senkrechter Lage zum klinodiagonalen Hauptschnitte sich befindet, die erste, negative Mittellinie in der Symmetrieebene im stumpfen Winkel β liegt und mit der Axe c einen Winkel von 18° einschliesst.[1]

Diese einfachen Verhältnisse erleiden bei und nach der Trübwerdung der Krystalle gewaltsame Umänderungen, und zwar stellen sich dieselben auf den bezeichnenden Schliffen folgendermaassen dar.

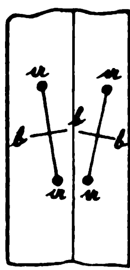
Platten parallel $\infty P \grave{\infty} (010)$. Wie bekannt bildet der Skolecit Zwillinge nach $\infty P \overline{\infty} (100)$. Dieser Aufbau bringt es mit sich, dass

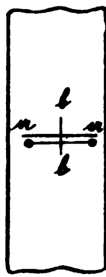
[1] Auf Platten senkrecht zur Säulenrichtung sind zuweilen Erscheinungen wahrzunehmen, welche auf ein triklines System der betreffenden Individuen hinweisen. Eine Untersuchung mit Anwendung der in neuester Zeit sehr vervollkommneten Methoden muss lehren, wie weit solche Verhältnisse ursprünglicher oder nachträglicher Natur sind.

die Blättchen nach $\infty P \breve{\infty}$ (010) im polarisirten Lichte in zwei Längstheile zerfallen, welche bei den untersuchten Blättchen eine entgegengesetzte und symmetrische Auslöschungsschiefe von 18° besassen. Im convergenten, polarisirten Lichte erscheint auf beiden Hälften das centrische Curvensystem um die zweite, positive Mittellinie.

Nichts von alledem hat sich in dem getrübten und wieder in Öl klar gemachten Blättchen erhalten.

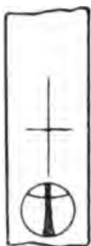
Die bezeichnende Zwillingsbildung ist verschwunden und die Schiefe der Auslöschung verloren gegangen. Die Betrachtung im convergenten, polarisirten Lichte erweist, dass nicht mehr eine Platte parallel sondern senkrecht zu einer Symmetrieebene vorliegt.

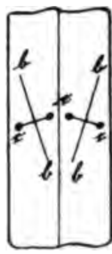

Fig. 5.


Fig. 6.

In Fig. 5 ist der frühere Zustand der Platte, in Fig. 6 der nunmehrige zur Darstellung gebracht.

Völlige Klarheit über die Umänderung gewähren im Verein mit den beschriebenen die Platten parallel $\infty P \bar{\infty}$ (100). Die unerhitzte Platte ist ganz dem monoklinen System entsprechend in ihrem Verhalten im polarisirten Lichte. Sie löscht orientirt zur Längsrichtung aus und erweist sich bilateralsymmetrisch und einheitlich gebaut, wie Fig. 7 erkennen lässt. Den erhitzten und wieder aufgeklärten Schliff würde man nicht als das Blättchen wiedererkennen, dessen Eigenschaften soeben beschrieben sind (Fig. 8). Eine deutliche Zwillingsbildung theilt die Platte der Länge nach in zwei Theile. Die Orientirung der Auslöschungsrichtungen ist einer zur Zwillingsgrenze symmetrisch und entgegengesetzt gerichteten gewichen. Die Betrachtung im convergenten, polarisirten Lichte lehrt die Curvensysteme um die negative Mittellinie der neu entstandenen Substanz kennen.


Fig. 7.


Fig. 8.

Wenngleich die Art der Umänderungen sich bereits leicht aus dem Obigen ableiten lässt, sei zunächst noch des Verhaltens der Platten nach ∞P (110) gedacht. Diese Blättchen sind in Folge der vollkommenen Spaltbarkeit des Skolecits nach dem Prisma bequem zu erhalten. Eine scharfe Auslöschung unter der Schiefe von 11° gegen die Projection der Axe c zeichnet sie aus. Die Umänderung offenbart sich an den Blättchen durch eine auffallende Unbestimmtheit in den Auslöschungen, deren Schiefe eine beträchtlichere (26°—33°) geworden ist. Dass die Auslöschung keine scharfe ist, findet seine

Erklärung bei der Betrachtung im umgewandelten Mikroskop, welches den fast senkrechten Austritt einer optischen Axe erkennen lässt.

Hiernach ist die durch Erhitzen bis zur vollständigen Trübung im Skolecit verursachte physikalische Umänderung die folgende.

Das monokline System ist erhalten. Indess ist nunmehr das frühere Orthopinakoid zum Klinopinakoid, das frühere Klinopinakoid zum Orthopinakoid geworden. Die Zwillingsbildung geht nach dem jetzigen Orthopinakoid, wie sie im unentwässerten Skolecit nach dem damaligen Orthopinakoid ging. Die Ebene der optischen Axen liegt senkrecht zum jetzigen Klinopinakoid, macht mit der Axe *c* einen Winkel von 70°, und die negative Mittellinie fällt mit der jetzigen Symmetrieaxe zusammen.

Diese eigenartige Umwandlung verdient besondere Aufmerksamkeit im Hinblick auf die Krystallgestalt des Skolecits. Als monoklines Mineral mit fast rechtem Winkel β (= 89°5'4 nach Lüdecke[1]) ist es ausser nach $\infty P \grave{\infty} (010)$ auch fast symmetrisch nach $\infty P \bar{\infty} (100)$ gebaut. Vollkommen wird diese doppelte Symmetrie durch die Zwillingsbildung nach $\infty P \bar{\infty} (100)$ erreicht.

Nach der Erhitzung liegt somit eine Umstellung vor, die in ihren Symmetrieverhältnissen mit der äusseren Flächenanlage der Krystalle wiederum im Einklange steht. Die Theilchen brauchten gewissermaassen nur eine Viertelwendung zu machen, um in dem alten Gehäuse in alter Symmetrie zu bleiben.

Mit den beschriebenen Veränderungen ist die Umwandlungsfähigkeit des Skolecits nicht zu Ende. Nicht nur bei dem Trübewerden der Krystalle vollzieht sich eine Umänderung, bei weitergehenden Temperaturerhöhungen gehen wiederum Umstellungen der kleinsten Theilchen vor sich.

Diese in den trüben Krystallen sich einstellende, weitere Veränderung kennzeichnet sich beim Skolecit allgemein durch eine ausserordentlich starke Abnahme der Doppelbrechung. Blättchen, die vorher in prächtigen Polarisationsfarben erstrahlten, erscheinen in den Hellstellungen nur in niedrigen, graublauen Farbentönen. Im Einzelnen verhalten sich die Schliffe und Spaltblättchen folgendermaassen. Platten parallel $\infty P \grave{\infty} (010)$. Die Zwillingsbildung nach $\infty P \bar{\infty} (100)$ ist nach dem starken Erhitzen verschwunden. Das Blättchen löscht orientirt zur Längsrichtung aus. Im convergenten, polarisirten Lichte sind die zu deutenden Curven in Folge der schwachen Doppelbrechung

[1] Lüdecke: Mesolith und Skolecit. N. Jahrb. f. Mineralog. u. s. w. 1881. Bd. I., S. 11.

breit, verwaschen und wenige. Es sind diejenigen um die positive Mittellinie. Die Ebene der optischen Axen liegt senkrecht zur Längsrichtung der Schliffe. Man erkennt diese Verhältnisse in Fig. 9. Dieselbe zeigt eine Stufe der Umwandlung, wie sie nicht selten erreicht wird, und bei der erst der Plattenrand die weitergehende, der Haupttheil des Blättchens noch die erste Umwandlungsstufe erreicht hat. Ein stärkeres Erhitzen lässt das Aussenfeld die ganze Schlifffläche in Besitz nehmen.

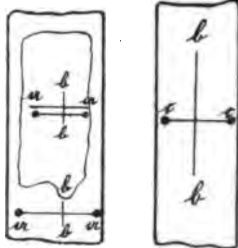


Fig. 9. Fig. 10.

Platten parallel $\infty P \overline{\infty} (100)$. Fig. 10 stellt eine solche dar, welche ganz umgewandelt erscheint. Soweit die sehr schwache Doppelbrechung die Bestimmung genau zu machen erlaubt, herrscht Orientirung der Auslöschungsrichtungen zur Längsrichtung des Blättchens. Zuweilen bleiben Andeutungen von Zwillingstheilung in unbestimmter Form zurück. Nicht selten gewähren die Platten, wie auch andere parallel der Säulenrichtung, einen faserigen Anblick, wobei einzelne Längsfasern noch etwas hell bleiben, wenn der Haupttheil des Schliffes dunkel erscheint. Man hat es hier offenbar mit Umlagerungen zu thun, bei denen die Theilchen nicht mehr genau parallel geblieben sind, wie es besonders bei schnellem Abkühlen der stark erhitzten Platten wohl kommen mag.

Man ersieht aus der Figur, dass die Querrichtung der Blättchen mit Axe $\mathfrak{c}$ zusammenfällt, im Gegensatz zu denen parallel $\infty P \breve{\infty} (010)$ des Skolecits geschnittenen, stark erhitzten Platten, bei welchen die Richtung solche der Axe $\mathfrak{a}$ ist. Es steht mithin die negative Mittellinie auf den in Rede stehenden Blättchen senkrecht.

Platten parallel $\infty P (110)$. Auch auf ihnen herrscht nunmehr Orientirung der Auslöschungsrichtungen parallel und senkrecht zur Längsrichtung. Im convergenten, polarisirten Lichte erblickt man eine optische Axe. Hiernach ist die zweite Umänderung, welche der Skolecit durch Erhitzen erfährt, wie folgt zusammenzufassen.

Es liegt eine rhombische Substanz vor. Die Ebene der optischen Axen ist senkrecht zur Längsrichtung der Krystalle gelegen, die positive Mittellinie steht senkrecht auf dem früheren Klinopinakoid, die negative mithin senkrecht auf dem früheren Orthopinakoid des Skolecits. Die Doppelbrechung ist sehr schwach.

Wiederum ist eine innere Umlagerung vor sich gegangen, welche in die äussere Form des Skolecits hineinpasst. Die rhombischen Theilchen befinden sich in einer Krystallgestalt, welche sich in ihrer Flächen-

anlage dem rhombischen Systeme ausserordentlich nähert. Weiter unten wird von solchen Beziehungen des weiteren die Rede sein.

Überlässt man den getrübten Skolecit einige Tage lang der Einwirkung der wasserdampfhaltigen Luft, so bemerkt man nicht wie beim Natrolith eine Rückkehr des ursprünglichen Zustandes. Die untersuchten Plättchen hatten ihr Verhalten, welches sie in Folge der Erhitzung angenommen hatten, bewahrt.

Thomsonit.

Die Substanzen, welche man durch die mehr oder minder grosse Entwässerung des Natroliths oder Skolecits erhält, stehen dem ursprünglichen Mineral noch recht nahe in Bezug auf ihre chemische Zusammensetzung. Um so mehr verdienen die bedeutenden Umänderungen in den physikalischen Eigenschaften Beachtung, welche sich bei dem Austritt von Wasser aus dem chemischen Molecül vollziehen.

Allein diese durchgreifenden Änderungen in der physikalischen Beschaffenheit der betreffenden Körper kehren nicht gleichmässig bei allen Gliedern der Zeolithgruppe wieder. Dies zu vergegenwärtigen ist besonders der Thomsonit geeignet.

Zur Untersuchung diente das Vorkommen vom Seeberg bei Kaden in Böhmen. Die klaren, rhombischen Krystalle spalten nach den beiden verticalen Pinakoiden, und da die Ebene der optischen Axen parallel zur Basis geht, liefern die Spaltblättchen zur Untersuchung wohlgeeignete Platten senkrecht zur ersten, positiven und senkrecht zur zweiten, negativen Mittellinie.

Trotz der Erwärmung und des hiermit bedingten Wasserverlustes erweisen sich die Blättchen in optischer Hinsicht von bemerkenswerther Beständigkeit.

Hellt man ein stark erhitztes und getrübtes Blättchen senkrecht zur ersten Mittellinie in Öl auf, so erscheint noch immer die Ebene der optischen Axen in nämlicher Lage wie vorhin, nämlich parallel oP(001); die Auslöschungsrichtungen sind dieselben geblieben. Indess fehlt es dennoch nicht an Zeichen der Veränderung. Die Doppelbrechung des Blättchens ist gesunken, wie schon deutlich an der Erweiterung der Curvenabstände zu erkennen ist. Der positive Charakter der Doppelbrechung ist erhalten geblieben. In seltenen Fällen geht die Umänderung weiter und drückt sich auch in einer Lagenveränderung der Ebene der optischen Axen aus. An einzelnen Stellen einer stark erhitzten Platte war sie in die Normalstellung zur Basis übergegangen.

So ist der Thomsonit in seiner Einfachheit von Interesse. **Das rhombische System und die Vertheilung der Elasticitätsaxen** ($a = \mathfrak{a}$; $b = \mathfrak{c}$; $c = \mathfrak{b}$) **sind in der trüben Substanz erhalten geblieben. Die Stärke der Doppelbrechung hat sich verringert.**

Desmin.

Der Desmin gehört zu den in hohem Grade wichtigen Mineralen, welche aus Theilen niedriger Symmetrie aufgebaut durch Zwillingsbildungen geometrisch höher symmetrische Formen zeigen.

In vollkommener Weise stellt der Desmin geometrisch die dreifache Symmetrie eines rhombischen Körpers dar, während die genaue, optische Untersuchung LANGEMANN's[1] die trikline Art der Einzeltheile dargethan hat. Nach den Untersuchungen des Letztgenannten baut sich der Desmin nach Art der triklinen Feldspathe aus Zwillingen nach $\infty P \breve{\infty}$ (010) auf, die nun wiederum in Durchkreuzungen nach $0P$ (001) zu einem Zwillingsstock sich vereinigen.

Diese vollkommene Erreichung einer hohen äusseren Symmetrie bekommt erneutes Interesse im Hinblick auf die Umänderungen, welche der Desmin beim Trübewerden erfährt.

Die getrübte und sodann in Öl in einem Augenblick wieder geklärte Substanz ist von besonders bemerkenswerther Festigkeit und leicht zu untersuchen. Die einzelnen Platten zeigen folgende Erscheinungen.

Platten parallel $\infty P \breve{\infty}$ (010).

Viele der schönen, klaren Krystalle von Nalsoe, Far-Oer, welche der Untersuchung zu Grunde gelegt wurden, sind ohne Weiteres zur Untersuchung tauglich. Sie zeigen, auf das seitliche Pinakoid gelegt, mit grosser Deutlichkeit die Durchkreuzung der nach $0P$ (001) verbundenen Krystalle durch die um 10° von einander abweichende Auslöschung der in einer Grenzlinie zusammenstossenden Theile (Fig. 11).

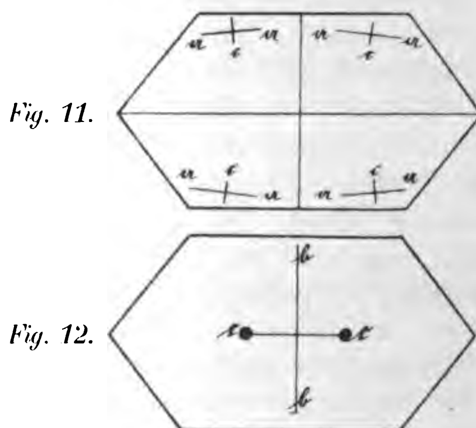


Fig. 11.

Fig. 12.

Es ist wichtig zu beachten, dass die Axe $\mathfrak{a}$ es ist, welche mit der Längsrichtung der Blättchen fast zusammenfällt.

[1] L. LANGEMANN: Beiträge zur Kenntniss der Mineralien: Harmotom, Phillipsit und Desmin. N. Jahrb. f. Mineralog. 1886. Bd. II. S. 83.

Die Erscheinung im convergenten, polarisirten Lichte ist die um die Senkrechte auf der Ebene der optischen Axen.

Trübt man die Blättchen durch kräftiges Erhitzen und hellt sie wieder auf, so lehrt die Betrachtung zunächst den Fortfall der für den Aufbau des Desmins so bezeichnenden, parallel und senkrecht zur Kante gegen oP(001) verlaufenden Zwillingsgrenzen und die Orientirung der Auslöschungsrichtungen zu dieser Kante (Fig. 12).

Die Bestimmung mit dem Gypsblättchen vom Roth 1. Ordnung thut dar, dass nunmehr die Axe c in die Längsrichtung der Blättchen fällt, und das umgewandelte Mikroskop zeigt das Curvensystem um die negative Mittellinie der neu gebildeten Substanz.

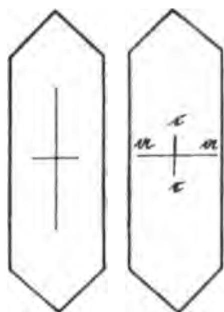


Fig. 13. Fig. 14.

Platten parallel oP(001). Durch Herstellung dieser Platten hat man Blättchen fast senkrecht zur positiven, zweiten Mittellinie des Desmins. Die Längsrichtung der Schliffe ist Richtung grösster Elasticität im optischen Sinne (Fig. 13). Nach dem Erhitzen ist sie solcher kleinster Elasticität und die Normale auf der Platte die Richtung der Axe b, also der Senkrechten auf der Ebene der optischen Axen (Fig. 14).

Platten senkrecht zu oP(001) und ∞P$\breve{\infty}$(010). Dieselben sind wegen der Spaltbarkeit in Richtung des seitlichen Pinakoids schwierig herzustellen. Sie sind aber von besonderem Interesse, da sie das Curvensystem um die erste, negative Mittellinie des Desmins zur Darstellung bringen. Man bemerkt, dass die Ebene der optischen Axen in die Längsrichtung der an den schmalen Seiten durch oP(001) begrenzten Blättchen fällt.

Nach dem Erhitzen ist das Curvensystem um die erste Mittellinie gleichfalls noch vorhanden. Indess wesentliche Unterschiede stellen sich bei genauerer Betrachtung heraus. Die Ebene der optischen Axen ist nunmehr senkrecht zum seitlichen Pinakoid gelegen, und der Charakter der Doppelbrechung ist positiv.

Hiernach ist die Umwandlung, welche der Desmin durch die bis zum erfolgten Trübewerden fortgesetzte Erhitzung erfährt, die nachstehende.

Die Theilchen gehören dem rhombischen System an. Die Ebene der optischen Axen fällt in die Ebene der Basis des Desmins und die erste, positive Mittellinie in die Axe a.

Was der monoklin bez. triklin aufgefasste Desmin in seiner äusseren Flächenanlage scheinbar zu erkennen giebt, die dreifache

Symmetrie des rhombischen Systems, ist nach der Erhitzung erreicht. In der rhombischen Form lagern rhombische Theilchen.

Die in Canadabalsam eingeschlossenen Desminblättchen bewahren ihren rhombischen Zustand. Liegen die Platten indess an der wasserdampfhaltigen Luft, so kehrt die Zwillingsbildung und mit ihr der monokline Aufbau zurück.

Phillipsit.

Zur Untersuchung wurde der Phillipsit aus dem Basaltmandelstein von Nidda im Vogelsberg benutzt, dessen optische Untersuchung nach Langemann[1] auf das trikline System führt.

Es kehrt der Aufbau des Desmins zum Theil hier wieder. Nach $\infty P \breve{\infty} (010)$ verbundene Individuen durchkreuzen sich nach $oP(001)$, und zwei solcher Zwillingsstöcke vereinigen sich nach $,P'\breve{\infty}(011)$ zu den bekannten Kreuzgestalten. Beim Phillipsit von Nidda sind die $oP(001)$-Flächen als schmale Begrenzungsflächen der Kreuzesarme nach aussen gewandt.

Auf diese Weise ahmt der Phillipsit nicht nur rhombische, sondern selbst tetragonale Symmetrie nach.

Platten parallel $\infty P \breve{\infty} (010)$. Die Ebene der optischen Axen durchschneidet den stumpfen Winkel β und macht mit der Axe $\breve{a}$ einen Winkel von 19°.

Erhitzt man das Blättchen bis zum Trübewerden, so zeigt sich nach der Aufhellung, dass die Ebene der optischen Axen sich um etwa 10° der Parallelstellung zur Kante nach $oP(001)$ genähert hat, und diese Lage bleibt beim Abschluss des Blättchens von der wasserdampfhaltigen Luft auch erhalten.

Wie vor dem Erhitzen erscheint im convergenten, polarisirten Lichte das Curvensystem um die negative Mittellinie.

Diese Drehung der Ebene der optischen Axen stellt sich auch auf den Schliffen parallel $oP(001)$ und senkrecht $oP(001)$ und $\infty P \breve{\infty} (010)$ dar. Nur die Platten senkrecht $oP(001)$ und $\infty P \breve{\infty} (001)$ bedürfen indess einiger beschreibenden Worte. Sie decken im unerhitzten Phillipsit durch ihre Achttheilung die trikline Natur des Minerals auf. Da die erste, positive Mittellinie nicht sehr beträchtlich von dem senkrechten Stande auf der Ebene des Schliffes abweicht, ist das betreffende Curvensystem deutlich zu erkennen.

Alle diese Verhältnisse sind nach dem Erhitzen im Wesentlichen erhalten. Hervorzuheben ist, dass der Winkel der optischen Axen

[1] L. Langemann: Beiträge zur Kenntniss der Mineralien Harmotom, Phillipsit und Desmin. N. Jahrb. f. Mineralogie. 1886. Bd. II. S. 83.

sich deutlich vergrössert hat, vor allem aber, dass die verwickelte Zwillingsbildung auf den zierlichen, kreuzförmigen Schliffen nach wie vor in Erscheinung tritt.

Hiernach stellt sich die Umänderung des Phillipsits beim Erhitzen bis zur Trübwerdung folgendermaassen dar.

Das trikline System und mit ihm die Zwillingsbildung bleiben erhalten. Die Ebene der optischen Axen durchschneidet, wie im unerhitzten Phillipsit, den stumpfen Winkel β, hat sich aber um etwa 10° der Parallelstellung zur Basis genähert.

Man kann in dieser Drehung der Ebene der optischen Axen eine Annäherung an die Verhältnisse des rhombischen Systems erblicken, dessen Formen der Phillipsit scheinbar besitzt.

Die Umwandlungsfähigkeit des Phillipsit ist mit der beschriebenen Umänderung noch nicht abgeschlossen. Eine kräftige, fernere Erhitzung der trüben Substanz lässt deutlichst nochmalige Veränderungen zu Stande kommen.

Dieselben äussern sich zunächst durch das Erscheinen einer schwächeren Doppelbrechung und im Besonderen auf den einzelnen Platten in folgender Weise.

Platten parallel $\infty P \breve{\infty}$ (010). Nach dem starken Erhitzen erweisen sich die Richtungen der Auslöschungen abermals geändert. Die der Kante nach oP(001) zunächst, im spitzen Winkel β liegende Auslöschungsrichtung macht einen Winkel von ungefähr 17° mit ihr, und zwar ist die durch diese Kante angezeigte Längsrichtung der Blättchen von optisch negativem Charakter, im Gegensatz zu den unerhitzten bez. bis zum ersten Stadium der Umwandlung erhitzten Platten, bei denen diese Richtung solche kleinerer Elasticität war.

Ein gleichartiges Vertauschen der Elasticitätsaxen ist aus dem Verhalten der Platten parallel oP(001) im parallelen, polarisirten Lichte zu erschliessen. Besonders bemerkenswerth sind jedoch die

Platten senkrecht oP(001) und $\infty P \breve{\infty}$ (010). Dieselben zeigen einige Verschiedenheiten auf den einzelnen Platten, und selbst in der Ebene desselben Schliffes äussern sich die Hitzewirkungen nicht in einander entsprechender Weite. Sieht man indess von diesen nur für das Einzelstudium bemerkenswerthen Verhältnissen ab, so ist zweierlei in der allgemeinen Erscheinung von Wichtigkeit.

Zunächst hat sich auch jetzt noch die Feldertheilung, der zwillingsmässige Aufbau aus triklinen Theilen, erhalten. Besonders interessant sind unter diesen Feldern solche, die, an oP(001) sich anschliessend, bei der Betrachtung mit dem Gypsblättchen vom Roth 1. Ordnung nur geringe Spuren von Doppelbrechung aufweisen. Das umgewandelte

Mikroskop lehrt, dass in diesen Theilen fast optische Einaxigkeit herrscht. Es erscheint das Curvensystem um die negative Mittellinie mit sehr geringem Winkel der optischen Axen, so dass das in den Normalstellungen sichtbare, etwas aus der Mitte des Gesichtsfeldes verschobene, schwarze Kreuz nur um ein Geringes in der Diagonalstellung sich öffnet.

Die Ebene der optischen Axen steht hier senkrecht zur Kante nach oP(001).

Dieser Zustand der letztbeschriebenen Felder wird als das Endglied bei dem zweiten Stadium der Umwandlung anzusehen sein.

In diesem zweiten Stadium der Umänderung stellen sich die Verhältnisse nach dem Obigen wie folgt dar.

Es ist das trikline System und die Zwillingsbildung erhalten geblieben. Eine beträchtliche Verringerung der Stärke der Doppelbrechung hat Platz gegriffen. Die Ebene der optischen Axen weicht nur um ein Geringes von der Normalstellung auf oP(001) und Parallelstellung zu ∞P$\breve{\infty}$(010) ab. Die erste negative Mittellinie macht mit Axe *a* einen Winkel von etwa 17°, und der Winkel der optischen Axen nähert sich stark einem solchen von 0°.

Es ist unbenommen, in letzterem Verhältnisse eine Annäherung an die Zustände im tetragonalen Systeme zu sehen, dessen Symmetrie der Phillipsit in seiner Flächenanlage in Folge vielfacher Zwillingsbildung zur Schau trägt.

Harmotom.

In dem Vorkommen des Harmotoms aus den Erzgängen von St. Andreasberg im Harz bietet sich ein prächtiges Material zur Untersuchung dieses Minerals dar.

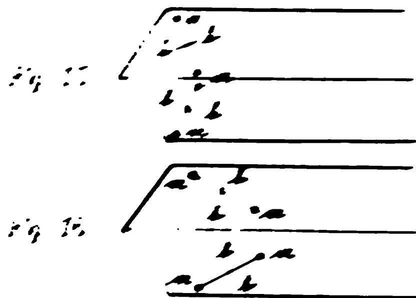
Der Aufbau des Zwillingsstockes entspricht nach LANGEMANN[1] ganz der Bauweise von Desmin und Phillipsit. Für das Andreasberger Vorkommen ist im Besondern zu beachten, dass die Kreuzkrystalle die ∞P$\breve{\infty}$(010)-Flächen nach aussen kehren.

Die Veränderungen, welche der verwickelt aufgebaute Zwillingsstock bei der Erwärmung bis zur vollendeten Trübung erleidet, sind einfachster Art. Sie stellen sich folgendermaassen auf den einzelnen Platten dar.

Platten parallel ∞P$\breve{\infty}$(010). Die Ebene der optischen Axen durchschneidet die Platte im stumpfen Winkel β und schliesst mit

[1] L. LANGEMANN: Beiträge zur Kenntniss der Mineralien Harmotom, Phillipsit und Desmin. N. Jahrb. f. Mineralogie 1886. Bd. II. S. 83.

der Axe c einen Winkel von [illegible] ein. Im convergenten, polarisirten Lichte erscheint das Curvensystem um die positive Mittellinie (Fig. 15). Kurze Zeit währende Erhitzung trübt die Blättchen. In Öl klären sie sich schnellstens auf. Die Veränderungen, welche sie gegenüber ihrem früheren Zustande erlitten haben, kennzeichnen sich zunächst und auffallend durch eine bedeutende Verstärkung der Doppelbrechung. Erschienen die Platten vorher in den Farben niederer Ordnung, so pflegen jetzt nur weissliche, höhere Polarisationstöne sich darzustellen, so dass die Bestimmung der Vertheilung der Elasticitätsaxen vermittels des Gypsblättchens vom Roth I. Ordnung nur an den dünnsten Rändern der Platte sicher geschehen kann.



Fernerhin ist eine bedeutende Drehung der Ebene der optischen Axen vor sich gegangen (Fig. 16). Ihre Ebene durchschneidet nun zwar auch noch den stumpfen Winkel β, macht indess mit Axe a nicht mehr einen Winkel von [illegible]° sondern von [illegible]°.

Die Zwillingsbildung, die sich in der Feldertheilung der Platten ausdrückt, ist erhalten geblieben.

Platten parallel oP(001). Die Kreuzesform der Harmotome bringt es mit sich, dass derartige Blättchen auch $\infty P \bar{\infty}$ (010) des gleichartigen um 90° verwendeten Kreuzesarmes anschneiden können. In der Mitte der Schliffe erscheint dann das zweigetheilte Feld parallel $\infty P \bar{\infty}$ (010) mit seiner bezeichnenden Auslöschung und dem Curvensystem um die positive Mittellinie. Der rechts- und linksseitige Rand stellt die Basis dar. Auf diesen Basalfeldern ist das Curvensystem im convergenten, polarisirten Lichte besonders beachtenswerth, welches einen Theil des Systems um die negative Mittellinie darstellt. Da letztere nur um 18° von der senkrechten Stellung auf der Platte abweicht, ist der Mittelpunkt des Systems nicht allzusehr aus der Mitte des Gesichtsfeldes verschoben.

Wie die Platten parallel $\infty P \bar{\infty}$ (010) nach dem Trübewerden lehrten und hier bei den in Rede stehenden Schliffen parallel oP(001) die inneren Theile wiederum zeigen, hat sich nach dem Erhitzen die Ebene der optischen Axen um den bedeutenden Winkel von ungefähr 50° der Parallelstellung zur Basis genähert. Dem entsprechend ist nunmehr das Curvensystem auf oP(001) weit aus der Mitte des Gesichtsfeldes verschoben, denn die negative Mittellinie schneidet jetzt sehr flach in die Platte ein (vergl. Fig. 16). Auch auf den in Rede

stehenden Schliffen parallel o P (001) tritt die starke Erhöhung der Doppelbrechung gut heraus.

Platten senkrecht o P (001) und ∞ P $\bar{\infty}$ (010). In klarster und zierlicher Weise ist auf solchen Schliffen die verwickelte Zwillingsnatur und dem zu Folge der Aufbau aus triklinen Theilen zu erkennen. Diese Feldertheilung bleibt auch in der getrübten Substanz bestehen, ja sie tritt noch deutlicher in Erscheinung insofern als die bezeichnenden Schiefen der Auslöschungen grösser sind als vorher.

Die Doppelbrechung hat sich verstärkt.

Die bereits oben aus dem Verhalten der Platten parallel ∞ P $\bar{\infty}$ (010) und o P (001) erschlossene Drehung der Ebene der optischen Axen äussert sich hier in bezeichnender Weise der Art, dass das Curvensystem um die negative Mittellinie deutlich im Gesichtsfelde erscheint. Der Axenwinkel ist klein genug, dass man beide Axenpole im umgewandelten Mikroskop ohne Anwendung von Immersionen sehen kann. Das Bild selbst ist in Folge der starken Doppelbrechung ein scharfes und curvenreiches.

Fast genau centrisch erscheint das betreffende Curvensystem auf Platten parallell ∞ P $\bar{\infty}$ (100), wie es im Hinblick auf Fig. 16 nicht anders zu erschliessen war.

Der Überblick über die Erscheinungen lehrt, dass bei der Trübung der Harmotome folgende einfache Umlagerung vor sich gegangen ist.

Die Ebene der optischen Axen hat sich um ungefähr 50° der Basis genähert. Die Doppelbrechung ist gestiegen. Das trikline System ist erhalten geblieben.

Wie beim Phillipsit so sind auch beim Harmotom die Entwässerungszustände nur bei Abschluss von der wasserdampfhaltigen Luft haltbar. An der Luft sind die Platten der Wasseraufnahme und einem leichten Zerfall ausgesetzt.

Epistilbit.

Gleich dem Desmin und manchem anderen Gliede der Zeolithgruppe erscheint der Epistilbit geometrisch in einer höheren Symmetrie als sie die aufbauenden Theilchen besitzen. Die letzteren sind monokliner Natur. Durch Zwillingsbildung nach ∞ P $\bar{\infty}$ (100) erlangen die Krystalle ein vollendet rhombisches Äussere.

Die durch Wasserverlust bei der Trübung entstehende Substanz ist in Wirklichkeit rhombischer Art. Nunmehr füllen rhombische Theilchen die rhombische Form.

Diese bedeutsame Umwandlung vollzieht sich mit grösster Leichtigkeit.

[illegible] muss [illegible] bemerkt [illegible] dass die [illegible] der [illegible] beim [illegible] und die erste [illegible] auf der [illegible]

[illegible] nach unten [illegible]

[illegible] Erscheinung [illegible] sich auf [illegible]

[illegible] Fig. [illegible] Zwillingsebene [illegible]

[illegible] Zwillings- [illegible] Fig. [illegible] Erscheinung. [illegible] Zwillingsebene [illegible]

[illegible] werden. [illegible] Systeme [illegible] Kante nach [illegible] Richtungen [illegible]

[illegible] Fig. [illegible] dargestellte [illegible] Axen [illegible]

[illegible] sich im [illegible] Richtung [illegible]

Die einfache Umänderung, welche der Epistilbit bei seiner Trübung erfährt, lässt sich hiernach wie folgt zusammen fassen.

Es liegt nach der Erhitzung eine rhombische Substanz vor. Die mit dem vollflächig rhombischen System unvereinbare Zwillingsbildung nach dem vorderen Pinakoid ist verschwunden. Die Ebene der optischen Axen ist $\infty P \overline{\infty} (100)$. $a = \mathfrak{b}$; $b = \mathfrak{a}$; $c = \mathfrak{c}$.

Beim Liegen an der Luft nehmen die erhitzten Epistilbitblättchen wieder Wasser auf, und zugleich kehrt die Zwillingsbildung und mit ihr das monokline System zurück. Abgeschlossen von Wasser, in Canadabalsam eingelegt, bleibt die charakteristische, rhombische Structur erhalten.

Heulandit.

Der Heulandit ist bezüglich der hier zu erörternden Verhältnisse in vieler Beziehung interessant. Es sei daran erinnert, dass auch er eine höhere und zwar rhombische Symmetrie in seiner Ausgestaltung nachahmt, die besonders in der Winkelähnlichkeit von $0P(001) : \infty P \overline{\infty}(100) = 116^\circ\ 20'$ und $0P(001) : P\overline{\infty}(\bar{1}01) = 114^\circ\ 0'$ sowie dem fast senkrechten Stande der klinodiagonalen Polkante von $2P(\bar{2}21)$ auf der Axe à hervortritt. In der üblichen Aufstellung, die auch im Folgenden beibehalten ist, tritt diese Annäherung an das rhombische System nicht heraus. Macht man indess dem Obigen entsprechend, unter Belassung von $0P(001)$ als Basis, $2P(\bar{2}21)$ zu $\infty P(110)$, so erhält man als Axenverhältniss

$$\grave{a} : \bar{b} : \grave{c} = 0.40347 : 1 : 0.85856$$
$$\beta = 88^\circ\ 34'\ 33''$$

Die Ebene der optischen Axen steht senkrecht auf $\infty P \grave{\infty}(010)$. Die erste, positive Mittellinie fällt in die Axe b.

Die Lage der zweiten Mittellinie ist bei den einzelnen Vorkommnissen eine verschiedene.

Die im Folgenden mitzutheilenden Beobachtungen beziehen sich auf das Vorkommen von St. Andreasberg im Harz.

Platten parallel $\infty P \grave{\infty}(010)$. Die Feldertheilung, welche alle Heulandite auf ihren Spaltflächen in mehr oder minder ausgesprochenem Maasse besitzen, zeigt sich bei den Andreasberger Krystallen oft in ausserordentlicher Schönheit und Schärfe. Fig. 21 stellt einen solchen Fall dar. Die Auslöschungsrichtungen fallen auf den $\infty P \overline{\infty}(100)$- und $P\overline{\infty}(\bar{1}01)$-Feldern fast zusammen, während das an

oP(001) stossende Feld eine um etwa 10° abweichende Lage der Ebene der optischen Axen besitzt.

Die Veränderungen, welche Heulanditplättchen nach ∞P∞̆(010) beim Erhitzen erfahren, sind besonders bei vier aufeinanderfolgenden Erhitzungsgraden bemerkenswerth.

Erstes Stadium der Veränderung. Dasselbe ist, im Gegensatz zu den drei übrigen bereits bekannt und vom Verfasser seiner Zeit[1] beschrieben worden. Es tritt bei 150° ein, ohne dass die Platten hierbei trübe werden. Bei dem bei diesem Hitzegrade vor sich gehenden Wasserverluste liegt eine rhombische Substanz vor. Die Feldertheilung ist verschwunden (Fig. 22). Die auf der Platte einheitliche Auslöschung verläuft bei den Andreasberger Krystallen parallel und senkrecht zur Kante nach oP(001), welche Fläche, wie gesagt, bei der dem rhombischen Aussehen Rechnung tragenden Aufstellung der Heulanditkrystalle zu einem Pinakoid genommen werden kann.

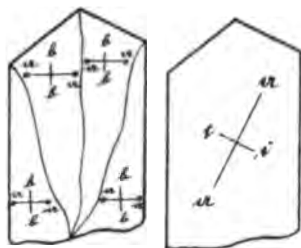


Fig. 21. Fig. 22.

Man erreicht die Umwandlung am bequemsten, wenn man die dünnen Spaltstückchen in Öl einige Minuten kocht. Die Temperatur geht in dieser Flüssigkeit nicht bis zu dem Grade, bei welcher eine weitere Umwandlung eintritt.

Die Vertheilung der Elasticitätsaxen der in Öl erhitzten Platten giebt Fig. 22. Im convergenten, polarisirten Lichte erhält man das Curvensystem um die Elasticitätsaxe 𝔟. Die Ebene der optischen Axen liegt nicht mehr, wie bei der monoklinen Heulanditsubstanz senkrecht zu ∞P∞̆(010), sondern in dieser Fläche. Den Beweis hierfür vermag am besten die in Öl erhitzte Platte parallel oP(001) zu liefern, deren Beschreibung deshalb gleich hier angereiht sein möge.

Vor der Erhitzung wird sie durch Fig. 23 dargestellt, nach derselben durch Fig. 24. Man erkennt das centrische Bild um die negative Mittellinie. Die Ebene der optischen Axen fällt in die Spur von ∞P∞̆(010).

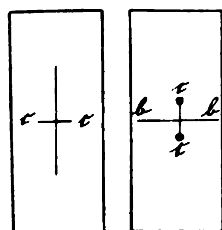
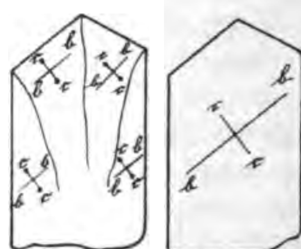


Fig. 23. Fig. 24.

Zweites Stadium der Veränderung. Dasselbe tritt beim Trübewerden des Heulandites ein.

Die Platten klären sich in Öl vollkommen wieder auf, und solche nach ∞P∞̆(010) lassen nunmehr ein in Fig. 25 dargestelltes Bild erkennen.

[1] F. Rinne: Über Faujasit und Heulandit. N. Jahrb. f. Mineralogie u. s. w. II. S. 36.

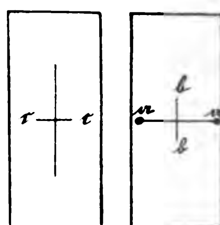

Fig. 25. Fig. 26.

Das auf den ersten Blick Auffallendste ist jedenfalls der Wiederkehr der im ersten Umwandlungsstadium fortgefallenen Feldertheilung der Platte. An jede begrenzende Fläche schliesst sich ihr Sector wieder an.

Ein genaueres Betrachten lehrt indess, dass dennoch nicht vollkommen der alte Zustand des ursprünglich vorliegenden Heulandites wiedergekehrt ist. Ein Blick auf die Auslöschungsrichtungen zeigt, dass die an $\infty P\bar{\infty}(100)$ und $P\bar{\infty}(\bar{1}01)$ stossenden Felder mehr oder minder genau parallel und senkrecht zur Kante nach $P\bar{\infty}(\bar{1}01)$ auslöschen und das an $0P(001)$ sich anschliessende Feld ein wenig hiervon abweicht.

Wie im ursprünglichen Zustande ist nunmehr die Ebene der optischen Axen wieder senkrecht zur Spaltfläche. Man erblickt auf letzterer im convergenten, polarisirten Lichte das Curvensystem um die negative Mittellinie.

Die positive Mittellinie steht senkrecht auf $P\bar{\infty}(\bar{1}01)$. Die Betrachtung eines nach dieser Fläche geführten Schiffes sei gleich hier gemacht. Den Vergleich zwischen dem unerhitzten und dem bis zur vollzogenen Trübung erwärmten Plättchen ermöglichen die Figg. 27 und 28. Letztere zeigt wie ausser einer Vertauschung der Richtung grösserer und kleinerer Elasticität die bereits ausgesprochene Veränderung im Aussehen des Curvensystems vor sich gegangen ist, welches man im umgewandelten Mikroskop erhält. Es ist die Erscheinung um die positive Mittellinie auf der Platte zu erblicken. Zum Vergleich mit dem ursprünglichen Zustande sei darauf hingewiesen, dass nunmehr zwar gleichfalls die Ebene der optischen Axen senkrecht zum seitlichen Pinakoid steht, jetzt aber nicht mehr die negative, sondern, wie erwähnt, die positive Mittellinie in der Ebene der seitlichen Endfläche sich befindet.


Fig. 27. Fig. 28.

Das Axenbild ist kein vollkommen gleichmässiges. Entsprechend den Störungen auf der Spaltfläche stellen sich hier beim Verschieben der Platte geringe Ungleichheiten im Bilde ein.

Zur Beurtheilung des Zustandes, in welchem der Krystall sich in diesem zweiten Entwässerungsstadium befindet, ist besonders die Orientirung der Auslöschungsrichtungen auf dem seitlichen Pinakoid sowie auf der dazu senkrechten Fläche $P\bar{\infty}(\bar{1}01)$ zur Kante zwischen diesen beiden Flächen wichtig. Diese Orientirung ist indess, ent-

[illegible] Fasst man [illegible] wesentliche Zusatz [illegible] Anomalien.

[illegible] Heulandit [illegible] klaren [illegible] Ge[illegible] Noch [illegible] klärt [illegible] früheren [illegible]

[illegible] glänzenden [illegible]

[illegible] nunmehr [illegible] lässt [illegible]

[illegible] die [illegible] war. [illegible] zur Trübe [illegible] vorliegenden [illegible] Der Aufbau der Platten ist wieder[illegible]

[illegible] Auslöschungsrichtungen in [illegible]. Man erkennt fernerhin, dass die [illegible] zur Kante [illegible] geblieben ist.

Im convergenten polarisirten Lichte sind die Interferenzcurven in Folge der schwachen Doppelbrechung recht breit, verwaschen und nicht wohl zu einem zur Zeichnung geeigneten Bilde zu vereinigen.

Es wurde nicht versäumt, auch Schliffe senkrecht zu den Spaltflächen des Heulandits in den in Rede stehenden dritten Entwässerungszustand zu bringen. Die Doppelbrechung ist bezeichnender Weise gleichfalls sehr gering, doch immerhin deutlichst mit dem Gypsblättchen vom Roth I. Ordnung zu erkennen. Die Lage der Auslöschungsrichtungen und ihre Beziehungen zu einander vermag die Fig. 16 zu erläutern, wenn man von den Axenpunkten und der [illegible]bezeichnung zunächst absieht.

Man hat nach diesen Erfahrungen nunmehr eine normale rhombische Verbindung in den besprochenen, stark erhitzten Krystallen vor sich.

Viertes Stadium der Veränderung. Es ist erstaunlich, welche Hitzegrade ein Heulanditplättchen aushalten kann, ohne dass es aufhört seine Theilchen im regelrechten Verbande eines gesetzmässigen Aufbaus geordnet zu bewahren. Nicht nur dass es starke Erwärmung

auf dem Objectgläschen über der Spirituslampe aushält, ohne Zusammensturz seiner Krystallstructur zu erfahren, selbst über dem BUNSEN'schen Brenner lebhaft auf glühendem Platinblech erhitzte Krystalle lassen nach ihrer Aufhellung in Öl erkennen, dass ihre Theilchen noch wohlgeordnet parallel an einander liegen und ihren Zusammenhalt bewahrt haben.

Spaltblättchen, die auf die angegebene Weise lange erhitzt waren, zeigen nun wiederum eine gesetzmässige Änderung ihrer Krystallstructur, insofern als ihre Doppelbrechung vollkommen verschwunden ist. Selbst die sorgsamste Untersuchung lässt keine Aufhellung des Blättchens beim Drehen des Objecttisches wahrnehmen, und auch das Gypsblättchen deckt keine Anzeichen von Doppelbrechung auf.

Würde man annehmen, dass nun eine reguläre oder amorphe Modification vorläge, so würde diese Annahme durch weitere Beobachtungen nicht unterstützt werden. Denn der Mangel der Doppelbrechung ist bei demselben Blättchen in anderen Richtungen nicht vorhanden.

Stellt man Spaltblättchen, welche in Richtung ihrer Senkrechten keine Doppelbrechung mehr zeigen, auf eine der sie randlich begrenzenden Flächen $\infty P\bar{\infty}(100)$, $oP(001)$ oder $P\bar{\infty}(\bar{1}01)$, so kann man mit dem Gypsblättchen vom Roth 1. Ordnung deutlich die Doppelbrechung feststellen. In allen drei erwähnten Lagen der Blättchen fällt die Axe grösster Elasticität mit der Senkrechten auf der Hauptfläche des Blättchens zusammen. Es ist bei diesen Beobachtungen zu berücksichtigen, dass man bei den letzteren Bestimmungen durch eine sehr dicke Krystallschicht hindurchblickt und man mithin die anscheinende Stärke der Doppelbrechung des auf die Kante gestellten und auf seine Fläche gelegten Blättchens nicht ohne Weiteres vergleichen kann. Schliffe nach $\infty P\bar{\infty}(100)$ u. s. w. würden auch hier die Doppelbrechung nicht erkennen lassen. Verfasser glaubt hiernach die Krystalle auch in diesem Zustande für rhombisch halten zu müssen. Sie sind ohne Weiteres denen, welche erst im dritten Erhitzungsstadium sich befanden, bis auf eine ausserordentlich starke Verringerung der Doppelbrechung gleich.

Hiernach stellen sich die Veränderungen, welche der Heulandit beim Erhitzen erleidet, folgendermaassen dar.

1. Unerhitzte Krystalle: Monoklin. Ebene der optischen Axen senkrecht sum seitlichen Pinakoid. Erste, positive Mittellinie in Axe *b*. Feldertheilung auf dem seitlichen Pinakoid.

2. In Öl gekochte Krystalle. Rhombisch. Ebene der optischen Axen parallel dem seitlichen Pinakoid. Negative Mittellinie senkrecht $oP(001)$. Keine Feldertheilung auf dem seitlichen Pinakoid.

3. Bis zur vollzogenen Trübung erhitzte Krystalle. Rhombisch. Ebene der optischen Axen senkrecht zum seitlichen Pinakoid. Positive Mittellinie senkrecht $P\bar{\infty}(\bar{1}01)$. Feldertheilung auf dem seitlichen Pinakoid.

4. Stark erhitzte Krystalle. Rhombisch. Schwache Doppelbrechung. Ebene der optischen Axen senkrecht zum seitlichen Pinakoid. Positive Mittellinie senkrecht $P\bar{\infty}(\bar{1}01)$. Keine Feldertheilung auf dem seitlichen Pinakoid.

5. Auf glühendem Platinblech erhitzte Krystalle. Rhombisch. Ausserordentlich schwache Doppelbrechung. Sonst wie 4. Übergänge vom Zustand 4 zu Zustand 5 erhält man durch kürzer oder länger währende Erhitzung.

Während, wie bekannt, die bis auf niedrige Temperaturen bis zur ersten Umänderung erhitzten Heulanditplättchen in ihren ursprünglichen Zustand zurückkehren, falls ihnen Gelegenheit gegeben wird das verlorene Wasser wiederaufzunehmen, war dies bei den stärker erhitzten Heulanditblättchen nach einem viertägigen Liegen an der Luft nicht eingetreten.

Der Heulandit ist wohl geeignet, der Frage näher zu treten, ob bei den durch Hitzewirkung und Wasserverlust eintretenden Umänderungen eine Gestaltsveränderung der Krystalle eintritt. Die Umrandungslinien der Spaltblättchen sind recht scharf und haben überdies in dem fast rechtwinkligen Stande der Kanten $\infty P\grave{\infty}(010)$: $2P(\bar{2}21)$ und $\infty P\grave{\infty}(010)$: $oP(001)$ einen Winkel, der Änderungen leicht zum Ausdruck bringen würde. Die Messungen unter dem Mikroskop ergaben keine merklichen Winkelunterschiede zwischen den unerhitzten und den erhitzten Plättchen. Es ist dies ein Ergebniss, welches ganz den Untersuchungen am Natrolith entspricht, bei dem die starken Umänderungen gleichfalls im Rahmen der alten Form vor sich gehen.

Analcim.

Es ist eine altbekannte Thatsache, dass dies Mineral, welches die Formen des regulären Systems in deutlicher Weise zur Schau trägt, in seinen optischen Eigenschaften sich anisotrop verhält.

Nach den Anschauungen von Ben-Saude[1] sendet jede Fläche in's Krystallinnere einen Sector, dessen Basis die betreffende Krystallfläche ist, und dessen Spitze im Krystallcentrum ruht.

[1] Alfredo Ben-Saude: Über den Analcim. N. Jahrb. für Mineralogie. 1882. Bd. I. S. 41.

Man kann hiernach bei den rein ikositetraedrischen Analcimen 24 Sectoren zählen und 30 wenn auch der Würfel an der Krystallgestalt betheiligt ist.

Nach Mallard[1] zerfällt der Analcim zwillingsmässig zunächst in sechs Sectoren und zwar in solche pseudoquadratischer Art.

Die Richtungen der scheinbaren optischen Axen verlaufen wie die drei Hauptaxen des Würfels.

Jeder dieser pseudoquadratischen Sectoren besteht in Wirklichkeit aus vier Individuen rhombischer Art.

Die vom Verfasser zu den Erhitzungsversuchen benutzten Krystalle von St. Andreasberg im Harz und von den Cyclopeninseln bei Catania erwiesen sich nach dem von Ben-Saude gegebenen Schema zusammengesetzt.

Sie zeigten sich sehr widerstandsfähig gegen selbst starke Temperaturerhöhung. Erst sehr spät trat völlige Trübung ein. Es ist indess bereits vorher in den ersten Stadien der Umänderung Öl ein vortreffliches Klärungsmittel für die getrübte Substanz.

Nach dem Wasserverlust wiesen die Platten eine beträchtliche Steigerung der Doppelbrechung auf, ganz im Einvernehmen mit den Versuchen, über welche Ben-Saude, C. Klein, Stadtländer früher berichtet haben.

Nach Anwendung starker Glühhitze traten die Feldertheilungen vorzüglich heraus, so dass ein näheres Studium der Analcimstructur möglich wurde.

Diese Untersuchungen ergaben eine bemerkenswerthe Ähnlichkeit im Aufbau des mehr oder minder stark entwässerten Analcims mit dem des Leucits, eine Ähnlichkeit, auf welche bereits von Stadtländer[2] im Allgemeinen hingewiesen worden ist.

Da vom Leucit keine vorherrschend würfelförmigen Krystalle bekannt sind, so ist auch nur zwischen den Ikositetraedern des Analcims und denen des Leucits ein Vergleich berechtigt. Wie bekannt[3] baut sich der Leucit der Art aus rhombischen Theilen zwillingsmässig auf, dass sechs Individuen sich so vereinigen, dass ihre ersten, positiven Mittellinien in die Richtung der drei Hauptaxen des Ikositetraeders fallen. Der Winkel der optischen Axen ist fast 0°, so dass von pseudoquadratischer Symmetrie gesprochen werden kann.

---

[1] E. Mallard: Explication des phénomènes optiques anomaux etc. Annales des mines 1876.

[2] C. Stadtländer: Beiträge zur Kenntniss der am Stempel bei Marburg vorkommenden Mineralien: Analcim, Natrolith und Phillipsit. N. Jahrb. f. Mineralog. 1885. B. II. S. 101.

[3] C. Klein: Optische Studien am Leucit. N. Jahrb. f. Mineralog. 1885. B. Bd. III. S. 522.

Auch der Analcim schickt nach Art des Leucits sechs pseudoquadratische Sectoren in's Krystallinnere. Jeder dieser »Hauptsectoren«, die beim Leucit abgesehen von der Zwillingslamellirung einheitlich sind, zerfällt durch doppelte Zwillingsbildung in vier »Einzelsectoren« nach den zwei seiner Längsrichtung parallelen Würfelflächen.

Auf diese Art kommt es, dass jede der 24 Ikositetraederflächen ihren Einzelsector in's Krystallinnere schickt. Je vier um eine octaedrische Ecke des Krystalls herumliegende Flächen senden einen Hauptsector aus.

Auf den Schliffen verschiedener Lage liegen die Verhältnisse ganz der Darstellung entsprechend, die Ben-Saude von unerhitzten Krystallen giebt. Sie treten an den vorliegenden, geglühten Krystallen besonders deutlich heraus, so dass auch die Erscheinungen im convergenten, polarisirten Lichte gut zu beobachten sind und hier wiedergegeben werden können.

Platten parallel $\infty O \infty$ (100).

a) Platten durch die vier Flächen an den octaedrischen Ecken.

Dieselben gehen nur durch einen Hauptsector, welcher in vier Einzelsektoren zerfällt. Alle vier Felder des Schliffes sind fast gleichartig getroffen. Man erblickt auf jedem im convergenten, polarisirten Lichte ein Axenkreuz, welches das Curvensystem um die erste, negative Mittellinie mit sehr kleinem Winkel der optischen Axen darstellt.

b) Platten durch die acht Flächen an den Mittelkanten des Ikositetraeders.

Diese ungefähr durch die Mitte der Krystalle geführten Schliffe durchschneiden vier Hauptsectoren, deren Längsrichtungen mit den zwei Hauptaxen zusammenfallen, welche in der Ebene des Schliffes liegen. Die Grenzen zwischen diesen vier Sectoren ziehen mithin auf die stumpfen Ecken des Schliffes, deren Verbindungslinien die digonalen Axen des Ikositetraeders sind.

Die Gruppirung in vier Hauptsectoren tritt auf diesen Schliffen vorzüglich bei der Betrachtung mit dem Gypsblättchen vom Roth erster Ordnung heraus: die zusammengehörigen Felder erscheinen gleichgefärbt.

Jeder der durchschnittenen vier Hauptsectoren ist der Länge nach zweigetheilt, so dass also in Wirklichkeit eine Achttheilung vorhanden ist, indess fallen die Auslöschungsrichtungen der zwei einen Hauptsector bildenden Einzelsectoren nahe zusammen.

Im convergenten, polarisirten Lichte erscheint auf den Feldern ein centrisches Curvensystem wie um eine positive Mittellinie bei grossem Winkel der optischen Axen oder um die optische Normale.

Platten parallel O(111). Solche Schliffe, randlich geführt, durchschneiden drei Hauptsectoren und weisen dem entsprechend eine Dreifeldertheilung auf.

Im convergenten, polarisirten Lichte erkennt man die Arme des Axenkreuzes beim Drehen des Objecttisches nacheinander.

Platten parallel 2O2(112). Dieselben bilden, falls sie ganz äusserlich vom Krystall genommen sind, die Basis eines Einzelsectors und erscheinen deshalb einheitlich ohne Feldertheilung. Die Schliffe sind schief gegen die scheinbare optische Axe der pseudoquadratischen Individuen geführt. Man erblickt deshalb im convergenten, polarisirten Lichte das Axenbild entsprechend verschoben.

Fasst man die Erscheinungen zusammen, welche der Analcim im unerhitzten Zustande aufweist, so ist es geboten mit Prof. C. Klein für das normale Mineral mit der regulären Form auch die Isotropie der Substanz anzunehmen.

Solch' normaler Analcim liegt an einzelnen Stellen nicht erhitzter Krystalle noch vor. Sie sind isotrop und zeigen im Gegensatz zu den optisch einaxigen Stellen kein Interferenzbild im convergenten, polarisirten Lichte.

Eine Erhöhung der Temperatur treibt nun aus dem nach der Formel $Na_2Al_2Si_4O_{12} + 2aq$ aufgebauten Silicat Wasser aus und nähert die Substanz immer mehr in ihrer Zusammensetzung einem dem Leucit $K_2Al_2Si_4O_{12}$ entsprechenden Natronleucit ($Na_2Al_2Si_4O_{12}$). Im Hinblick auf diese chemischen Verhältnisse hat die im Einzelnen nachgewiesene Structurähnlichkeit des entwässerten Analcims und des Kalileucit sein besonderes Interesse.[1]

Nach dem Glühen des Analcims liegt trikliner Natronleucit vor. Derselbe ist in den ikositetraedrischen Krystallen dem rhombischen Kalileucit entsprechend aus sechs pseudoquadratischen Hauptsectoren aufgebaut, deren Längsrichtungen liegen wie die drei Hauptaxen des Würfels. Jeder der Hauptsectoren zerfällt zwillingsmässig nach den seiner Längsrichtung parallelen zwei Würfelebenen in vier Einzelsectoren. Die Doppelbrechung um die erste Mittellinie, welche in jedem Einzelsector etwa 4° von der Rich-

[1] Bekanntlich hat Lemberg bei seinen schönen Versuchen über die Umbildung von Silicaten Leucit in eine Substanz übergeführt, der die Zusammensetzung des Analcims zukommt. Wenn nun auch von den Genannten nicht die Beobachtung gemacht ist, dass die betreffende Substanz die physikalischen Eigenschaften, insbesondere die optische Structur des Analcims besitzt, so sind doch die nahen, genetischen Beziehungen zwischen den beiden Silicaten von Interesse, auch für die in Rede stehenden Untersuchungen des Verfassers.

tung der anliegenden Hauptaxe des Ikositetraeders abweicht, ist negativ.

Der Kalileucit und das Glühproduct des Analcims, der Natronleucit, stehen mithin in einem ähnlichen Verhältniss wie der Kalifeldspath Sanidin und der Natronfeldspath Albit, bei welchen gleichfalls die Natriumverbindung die minder symmetrische ist.

Lässt man stark erhitzte Analcimplatten an der wasserdampfhaltigen Luft liegen, so kehren sie nicht in ihren Zustand, den sie vor der Erhitzung besassen, zurück Noch immer weisen sie die stärkere Doppelbrechung auf, welche sie durch das Erhitzen annahmen.

Chabasit.

Nach den Untersuchungen von BECKE[1] kommt dem Chabasit das trikline System zu, und die scheinbar rhomboedrischen Krystalle bauen sich nach diesem Forscher durch Zwillingsbildung aus je sechs Individuen auf. Wie bekannt, sind die Chabasite auf den Rhomboederflächen mehr oder minder deutlich zweifach, nämlich nach den Begrenzungskanten zu den anliegenden Rhomboederflächen, gestreift. Jedes dieser beiden Streifensysteme auf einer Rhomboederfläche gehört einem Individuum an, deren mithin $3 \text{mal } 2 = 6$ um den Krystallpol herum liegen.

Der Aufbau der Chabasitrhomboeder vollzieht sich, bei den einzelnen Vorkommnissen verschieden, nach drei Gesetzen. Bei den einen werden die äusseren Rhomboederflächen durch die Flächen der Basis der triklinen Individuen gebildet, bei den zweiten durch die Flächen des vorderen Pinakoids, bei den dritten durch die Flächen des seitlichen Pinakoids. Da auf diesen drei verschiedenen Flächen auch abweichende Auslöschungsrichtungen herrschen, so kann man durch die Bestimmung der Auslöschungsrichtungen auf den Rhomboederflächen im Verein mit den Erscheinungen im convergenten, polarisirten Lichte erkennen, welchem Typus die betreffenden Krystalle angehören.

Bezeichnende Merkmale sind folgende.

Bei dem ersten Typus erkennt man auf den Rhomboederflächen zwei der kurzen Diagonale (Mittellinie) der Fläche anliegende Auslöschungsrichtungen, deren Winkel von etwa 24° nach oben geöffnet ist (Fig. 29).

Bei dem zweiten Typus bilden diese Auslöschungsrichtungen einen Winkel von etwa 46°, der nach unten offen ist (Fig. 30).

---

[1] FRIEDRICH BECKE: Über die Zwillingsbildung und die optischen Eigenschaften des Chabasit. Mineral. u. petrogr. Mittheilungen. Herausg. v. G. TSCHERMAK. Neue Folge Bd. II. S. 391. 1880.

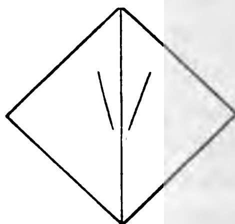


Fig. 29.



Fig. 30.

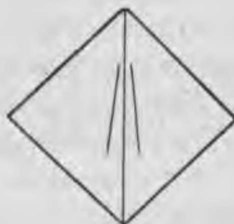


Fig. 31.

Bei dem dritten Typus schliessen die betreffenden Richtungen einen nach unten geöffneten, sehr kleinen Winkel ein (Fig. 31).

Entsprechende Verschiedenheiten zeigen sich auf der angeschliffenen Basisfläche des Rhomboeders (Fig. 32).

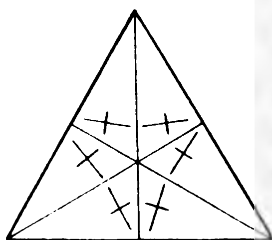


Fig. 32.

Solche Schliffen zerfallen im Normalfalle in sechs Felder, welche durch scharfe und dazwischen liegende verwaschene Grenzen abgegetheilt sind. Erstere ziehen nach den Ecken der angeschliffenen Basis, also nach den Kanten des Rhomboeders, letztere nach den Mitten der Seiten, also auf die Mitte der Flächen des Rhomboeders.

Die Auslöschungsrichtungen weichen von der parallelen und senkrechten Lage zu den begrenzenden Rhomboederkanten ab. Zur Orientirung über die Lage der Ebene der optischen Axen kann man festhalten, dass nach Becke beim ersten Typus diese Ebene senkrecht zu der, von der Kante nach dem Rhomboeder etwas abweichenden Auslöschungsrichtung steht, während sie beim zweiten Typus in diese Auslöschungsrichtung fällt.

Den selteneren dritten Typus konnte Becke in Platten nach der Basis der Rhomboeder leider nicht studiren.

Bei einem Chabasit des ersten Typus von Far-Oer gewahrte der erwähnte Forscher bei der Betrachtung einer oR(0001)-Platte das Curvensystem um eine negative Mittellinie.

Auf Grund der scharfsinnigen Darlegungen Becke's ist es nach einiger Übung möglich, sich in dem Feldergewirre der Chabasitschliffe zurecht zu finden.

Nach den Erfahrungen des Verfassers ist nun beim Studium des Chabasits die Beobachtung mit Hülfe des Gypsblättchens vom Roth 1. Ordnung von besonderem Nutzen, insofern als hierbei eine Gruppirung der einzelnen untersuchten Vorkommnisse in zwei leicht zu trennende Abtheilungen sich ergiebt. Bei den einen ist auf den

Rhomboederflächen die Auslöschungsrichtung, welche der kurzen Diagonale (Projection der Axe *c*) anliegt, Richtung der kleineren, bei der andere Gruppe Richtung der grösseren Elasticität, ein Unterschied, der sich durch die blaue bez. gelbe Abtönung der in den Polarisationsfarben erscheinenden Durchschnitte bequem erkennen lässt.

Diesem Unterschiede entsprechend erscheint bei den ersteren auf den Schliffen parallel oR(0001) das Curvensystem um eine positive, bei letzteren um eine negative Mittellinie. Fernerhin ist die Lage der Ebene der optischen Axen bei den Gliedern der beiden Gruppen eine verschiedene.[1] Bei der ersten fällt diese Ebene in diejenigen Auslöschungsrichtungen auf oR(0001), welche sich den Senkrechten auf den äusseren Begrenzungslinien nähern, bei der zweiten in die Auslöschungsrichtungen, welche diesen Begrenzungslinien anliegen.

Da hiernach mit der Art der Doppelbrechung auch die Lage der Ebene der optischen Axen wechselt, bleiben mithin die Auslöschungsrichtungen auf oR(0001), welche den Begrenzungslinien anliegen, immer Richtungen kleinerer Elasticität, so dass ohne Anwendung des convergenten, polarisirten Lichtes auf den Dünnschliffen noch oR(0001) von den bedeutenden Verschiedenheiten der Glieder der beiden Gruppen nichts Auffälliges zu Tage tritt.

Die Beziehungen der beiden Abtheilungen zu einander werden durch die Erhitzungsversuche zum Theil klargelegt.

Es sollen hier die Erfahrungen, welche an den Chabasiten von Göttenbach bei Idar a. d. Nahe, Osteroe (Far-Oer) und von Aussig gemacht wurden, mitgetheilt werden.

Der Chabasit von Idar, welcher klare, kleine Krystalle einfacher und nach oR(0001) verzwillingter Art bildet und nur die Formen des Rhomboeders R(10$\bar{1}$1) zeigte, gehört zur ersten der erwähnten beiden Gruppen.

Die Rhomboederschliffe sind, abgesehen von kleineren Randfeldern, zweigetheilt nach der kurzen Diagonale, zu welcher Linie die anliegenden (positiven) Auslöschungsrichtungen einen nach unten offenen Winkel bilden. Die vorliegenden Platten zeigen die Auslöschungen nicht symmetrisch zu der Zwillingsgrenze. Je eine Hälfte

[1] Wie bei den übrigen Zeolithen, wurden auch beim Chabasit die Untersuchungen im convergenten, polarisirten Lichte mit Hülfe des umgewandelten Polarisationsmikroskopes angestellt, welches auch bei schwach doppelbrechenden Mineralen eine Beobachtung der charakteristischen Interferenzcurven und besonders ihres Lagenverhältnisses zu den Begrenzungselementen zu machen gestattet. Der Chabasit ist in dieser Hinsicht nicht ohne besondere Mühe zu bearbeiten. In zweifelhaften Fällen leistet die Anwendung der Monobromnaphtalinimmersion, sowie die Benutzung des Gypsblättchens vom Roth 1. Ordnung im convergenten, polarisirten Lichte gute Dienste. Über letztere Methode gedenke ich demnächst im N. Jahrb. f. Mineralogie zu berichten.

der Platte löscht deutlich unter einem Winkel von etwa 28° zu der kurzen Diagonale aus, die andere Hälfte unbestimmter und unter kleinerem Winkel. Im umgewandelten Polarisationsmikroskop bemerkt man auf dem letzterwähnten Plattentheile den fast senkrechten, auf der anderen Schliffhälfte den schieferen Austritt einer seitlich verschobenen, optischen Axe.

Entzieht man solchen Schliffen durch Erhitzen Wasser, so gehen sehr bemerkenswerthe Veränderungen vor sich, die in den optischen Merkmalen folgenden Ausdruck finden.

Unterbricht man die Erhitzung nach kurzer Zeit, so gewahrt man, dass eine Wanderung der Auslöschungsrichtungen stattgefunden hat, welche nunmehr einen nach oben offenen Winkel von (in dem zur Besprechung dienenden Einzelfalle) 2 mal $15 = 30°$ bilden. Zugleich ist die Auslöschungsrichtung, welche der kurzen Diagonale anliegt, die (negative) Richtung grösserer Elasticität geworden, d. h. die Platte hat nunmehr die Eigenschaften einer solchen der zweiten der vom Verfasser aufgestellten Chabasitgruppen angenommen.

Im convergenten, polarisirten Lichte erscheinen nicht mehr die seitlich verschobenen Axenbarren, sondern Interferenzcurven der Art, wie sie um eine Mittellinie auftreten. Setzt man die Erwärmung an derselben Platte fort und unterbricht den Versuch nach einiger Zeit, so bemerkt man jetzt wiederum eine Annäherung an das ursprüngliche Aussehen. Die Auslöschungen bilden beiderseits der kurzen Diagonale einen nach unten offenen Winkel, und die beiden die Schenkel dieses Winkels darstellenden Richtungen haben wiederum positiven Charakter.

Es ist dieser Zustand eine Vorstufe zu dem Stadium, in welches die Schliffe durch anhaltendes Erhitzen über der Spirituslampe oder kürzeres über dem Bunsen'schen Brenner gelangen, und welcher sich dadurch offenbart, dass die betreffenden Auslöschungsrichtungen von positivem Charakter einen recht kleinen, nach unten offenen Winkel (von etwa 12°) bilden. Vor allem ist indess hierbei die Doppelbrechung ausserordentlich gestiegen, und daher kommt es, dass im convergenten, polarisirten Lichte das zu Tage tretende, nach oben verschobene Axenbild von verschiedenen, farbigen Ringen umgeben ist.

Bei dem letztgeübten, stärkeren Erhitzen werden die Platten trübe. Die beschriebenen Erscheinungen lassen sich nach der Aufklärung in Öl erkennen.

Diese Zustände, in welche die Rhomboederplatten durch T[illegible]e-raturerhöhungen und damit verbundenen Wasserverlust [illegible] legen einen Vergleich mit den Eigenschaften der Rhomb[illegible] nahe, wie sie nach Becke die Krystalle seines Typus I,

zeigen. Die ursprüngliche Platte entsprach dem Typus II, die mässig stark erhitzte dem Typus I, die sehr kräftig erhitzte den Typus III. Es ist indess durch die Hitzewirkung nicht mehr erreicht als eine Gemeinsamkeit bestimmter Eigenschaften, die sich in der allgemeinen Lage der Auslöschungsrichtungen kund giebt, so dass von einer einfachen Überführung eines Typus in einen anderen hier nicht gesprochen werden kann. Die Verschiedenheiten zwischen den wechselnden, durch Erhitzen zu erreichenden Zuständen der Platten und den durch die Natur gebotenen Typen liegen, soweit sie von den in Rede stehenden Rhomboederschliffen ablesbar sind, zunächst in der stärkeren Doppelbrechung der erhitzten Platten und in ihrem labilen Zustande.

Die mässig erhitzten Schliffe gehen allmählich durch Wasseraufnahme in das ursprüngliche Verhältniss zurück, und die stark erhitzten sind in einen derartigen Spannungszustand gerathen, dass sie beim Liegen an der Luft mit Gewalt in Theilchen zerfallen, die beim Auslösen der Spannung oft weit weggeschleudert werden.

Unter Deckglas, in Canadabalsam, sind auch die erhitzten Platten mit ihren, dem stattgehabten Wasserverlust entsprechenden Eigenthümlichkeiten haltbar.

Die unerhitzten Platten nach oR(0001) kennzeichnen sich dadurch, dass in jedem der sechs Sectoren im convergenten, polarisirten Lichte das ziemlich schief austretende Curvensystem um eine positve Mittellinie erscheint. Die Ebene der optischen Axen fällt in die (negative) Auslöschungsrichtung, welche sich der Senkrechten auf die äussere Begrenzungslinie des Sectors nähert.

Die verschiedenen Zustände der Erhitzung kommen auch auf diesen Platten deutlichst zur Erscheinung.

Die schwach erhitzten Platten zeigen nicht mehr das Curvensystem um die positive, sondern um die negative Mittellinie. Die Doppelbrechung ist mithin umgeschlagen. Dabei ist aber auch die Ebene der optischen Axen in eine zur ursprünglichen senkrechte Lage übergegangen, so dass im parallelen, polarisirten Lichte ausser einer Verstärkung der Doppelbrechung nichts Auffälliges die eingetretene Veränderung verkündet. Eine Veränderung der Lage der Auslöschungsrichtungen war mit Sicherheit nicht festzustellen.

Setzt man die Schliffe sehr starker Erhitzung aus, so bleibt auch jetzt der Anblick im parallelen, polarisirten Lichte bis auf die sehr erhöhte Stärke der Doppelbrechung im Grossen derselbe.

Im convergenten, polarisirten Lichte erblickt man indess jetzt in jedem der noch immer vorhandenen Sectoren ein sehr zierliches Curvensystem von ausgezeichneter Schärfe um die erste Mittellinie, welche senkrecht zur Platte steht. Die Doppelbrechung ist nun

wiederum positiv wie in der unerhitzten Platte, und auch die Ebene der optischen Axen ist in die Auslöschungsrichtung zurückgekehrt, welche der Senkrechten auf der äusseren Begrenzungslinie des Sectors sich nähert.

Somit stehen die Platten parallel dem Rhomboeder und parallel der Basis in übersichtlicher Beziehung zu einander.

Der Chabasit von Osteroe (Far Oer) soll als zweites Beispiel herangezogen werden.

Er ist dem soeben geschilderten Chabasit vom Idar in Gestalt und physikalischen Eigenschaften durchaus vergleichbar und ähnlich. Die Unterschiede liegen hauptsächlich in den Winkeln der Auslöschungen.

Die Rhomboederschliffe sind nach der kurzen Diagonale in zwei Hälften getheilt, deren Auslöschungsrichtungen einen der Zwillingsgrenze anliegenden, nach unten offenen Winkel bilden, der immer klein ist und zu 11°—17° gemessen wurde. Die Schenkel dieses Winkels sind Richtungen kleinerer Elasticität.

Im convergenten Lichte erscheint auf jedem Felde eine optische Axe.

Die Platten nach o R (0001) lassen sich vollständig auf die des Chabasits von Idar beziehen. Es ist bezeichnend für sie, dass auf ihnen das Curvensystem um eine positive Mittellinie erscheint. Die Ebene der optischen Axen liegt in der (negativen) Auslöschungsrichtung, welche sich der Senkrechten auf der jeweiligen Plattenbegrenzung nähert.

Die Erhitzung und die damit verbundene Wasserabgabe zieht bei diesem Chabasit ganz dieselben Folgen nach sich wie beim Chabasit von Idar.

Der Chabasit von Aussig in Böhmen liefert selten Krystalle, welche sich wie das Vorkommen von Idar aufbauen.

Zumeist gehören sie in die zweite Gruppe der Chabasite, bei denen auf den Platten nach o R (0001) das Curvensystem um eine negative Mittellinie erscheint. Das Verhalten der unerhitzten Schliffe ist das Folgende.

Die Schliffe nach dem Rhomboeder sind nach der kurzen Diagonale getheilt. Die Auslöschungsrichtungen bilden an der Zwillingsgrenze einen nach oben offenen Winkel, dessen Grösse zu 25°, seltener geringer gefunden wurde. Die Schenkel des Winkels sind (negative) Richtungen grösserer Elasticität, wie die Betrachtung mit dem Gypsblättchen vom Roth 1. Ordnung leicht ergiebt.

Im convergenten, polarisirten Lichte erscheint auf jeder Hälfte ein Interferenzbild, wie es um Mittellinien auszutreten pfl .

Erhitzt man solche Schliffe auf dem Objectträger über der Spirituslampe, so bemerkt man bald ein Wachsen der Auslöschungsschiefen und ein Stärkerwerden der Doppelbrechung, welch' letzteres ganz besonders im konvergenten, polarisirten Lichte zu erkennen ist.

Bei stärkerem Wasserverlust erscheint der Winkel der Auslöschungen, der im unerhitzten Schliffe nach oben offen war, nach unten geöffnet, und zugleich sind die Schenkel dieses Winkels Richtungen kleinerer Elasticität geworden.

Auf diese Weise sind die Platten in ein Stadium getreten, das auch bei den Chabasiten von Idar und Osteroe nach längerem Erhitzen erreicht wurde.

Von diesem Zustand ab verlaufen die Veränderungen, welche bei weiterem Wasserverlust eintreten, bei allen drei Vorkommnissen gleichmässig, d. h. auch beim Chabasit von Aussig wächst die Doppelbrechung allmählich bis zu grosser Stärke an. Die Auslöschungsrichtungen an der Zwillingsgrenze bilden dann einen nach unten offenen, kleinen Winkel. Die ergänzenden Daten liefern die Schliffe nach der Basis. Die Mittellinie, um welche das Curvensystem auf diesen Platten erscheint, hat negativen Charakter der Doppelbrechung. Die Ebene der optischen Axen fällt in die (positive) Auslöschungsrichtung, welche der äusseren Begrenzung der Sectoren sich anlegt. Führt man die Substanz der Schliffe in die wasserärmere Verbindung über, so kehrt sich das Zeichen der Doppelbrechung um, und zugleich ist auch die Lage der Ebene der optischen Axen verändert. Sie liegt nunmehr in der (negativen) Auslöschungsrichtung, welche der Senkrechten auf der äusseren Begrenzung der Sectoren sich zuneigt. In Folge der starken Doppelbrechung ist das Curvensystem ein sehr scharfes, und da der Axenwinkel nicht gross ist, ein übersichtliches.

Auch diese Zustände des Chabasits von Aussig sind labile. Lässt man nicht zu stark erhitzte Schliffe an der Luft liegen, so kehren sie aus dem Stadium der positiven in das der negativen Doppelbrechung zurück. Die geglühten Schliffe, die mithin am meisten Verluste an Wasser gehabt haben, zerfallen leicht in Folge innerer Spannungen.

Alle diese Erhitzungszustände sind indess bei Wasserabschluss haltbar. Die betreffenden Platten können unter Deckglas im Canadabalsam bequem für das nachträgliche Studium aufbewahrt werden.

Vergleicht man die Veränderungen, welche die verschiedenen Vorkommnisse durch die Temperaturerhöhung erfahren, miteinander, so tritt eine bereits angedeutete Beziehung nunmehr deutlich heraus.

Es seien die Chabasite, bei denen auf o R (0001) das Curvensystem um eine positive Mittellinie zu erkennen ist, kurz positiv doppelbrechende, die, bei denen die Interferenzcurven um eine negative

Mittellinie auf der nämlichen Platte erscheinen, negativ doppelbrechende genannt.

Die positiv doppelbrechenden Chabasite (Idar, Osteroe) nehmen beim Erhitzen, d. h. durch gleichzeitige Verminderung ihres Wassergehaltes, die optischen Eigenschaften der negativ doppelbrechenden an. Ein weiteres Erhitzen verändert beide Arten der Chabasite gleichmässig zu stark positiv doppelbrechenden. In allen Erhitzungszuständen bleibt die Zwillingsbildung (das trikline System) erhalten.

Es ist mithin kein Zweifel, dass die künstlich hergestellten negativ doppelbrechenden Chabasite weniger Wasser besitzen als die positiv doppelbrechenden, aus denen sie durch Wasserentziehung gewonnen sind.

In der Natur findet man nun positiv und negativ doppelbrechende Chabasite. Die Vermuthung liegt nicht fern, dass es wesentlich eine Verschiedenheit des Wassergehalts ist, welche mit diesen optischen Unterschieden Hand in Hand geht. Diese Vermuthung soll natürlich nur mit dem nöthigen Vorbehalt ausgesprochen sein.

Dass der Wassergehalt bei den Chabasiten verschiedener Vorkommnisse, ja im selben Krystalle schwankt, hat bereits Hr. Prof. C. KLEIN[1] aus dem verschieden starken Grade der Doppelbrechung erschlossen, welche die Chabasite verschiedener Fundpunkte zeigen, ohne dass den Krystallen durch Schleifen und das damit verbundene Erhitzen beim Einlegen in Kitt oder Balsam Wasser entzogen wäre.

Weitere Untersuchungen, bei denen die chemische und die optische Analyse vereint werden müssen, werden die genaueren Verhältnisse erkennen lassen.

Die im Obigen zur Darstellung gebrachten Ergebnisse sollen zum Schluss eine zusammenfassende Besprechung erfahren, insofern wenigstens als sie drei Capitel der Mineralogie, nämlich die Lehre von der Morphotropie, von der Krystallstructur und von den optischen Anomalien berühren.

Die Lehre von der Morphotropie geht von der Frage aus, welche Veränderungen erfährt die Krystallgestalt einer Verbindung XYZ, wenn einzelne Atome oder Atomgruppen durch andere ersetzt werden,

---

[1] C. KLEIN: Krystallographisch-optische Untersuchungen, vorgenommen an Rhodixit, Jeremejewit, Analcim, Chabasit und Phakolith. Sitzungsb. d. K. Pr. Akad. d. Wissensch. z. Berlin 1890. XXXII. S. 703.

XYZ z. B. in XYW übergeführt wird. Derartige durch »Substitution« bewirkte Veränderungen sind bereits reichlich zur Kenntniss gebracht worden. Sie haben zur Aufstellung von Regeln der Morphotropie geführt, welche ganz besonders den »morphotropischen Werth« der einzelnen Atome und Atomgruppen in den verschiedenartig zu bewerkstelligenden Substitutionen betreffen.

Viel weniger bekannt sind die charakteristischen Gestaltsähnlichkeiten und Gestaltsunterschiede zwischen Verbindungen, die nicht in dem einfachen Verhältniss einer chemischen Substitution, wie XYZ und XYW zu einander stehen, vielmehr nur durch eine »chemische Verwandtschaft« oder Ähnlichkeit verknüpft sind. In einem derartigen Verhältniss würden z. B. die Verbindungen XYZ und XY zu einander stehen, die gemeinsame Bestandtheile führen, aber nicht durch »Substitution« ohne Weiteres aus einander abgeleitet werden können.

In der Mineralwelt kommen für letzteres Verhältniss der chemischen Verwandtschaft vor allem die wasserhaltigen und die entsprechenden wasserfreien bez. wasserärmeren Verbindungen in Betracht, wie z. B. Gyps und Anhydrit, gewisse Zeolithe und die Feldspathe u. s. w.

Es liegt kein Grund vor, derartige Beziehungen aus der Lehre von der Morphotropie auszuschliessen, ebensowenig wie die vergleichende Betrachtung der Krystallgestalten von Verbindungen, die wie Arragonit und Kalkspath bei gleicher empirischer Zusammensetzung im Verhältniss der physikalischen Isomerie zu einander stehen.

Für die in Rede stehenden Untersuchungen kommen nur die Zeolithe in Betracht, welche als wasserhaltige Silicate zu wasserärmeren bez. wasserfreien Silicaten in Beziehung zu bringen sind. Solche entsprechende Verbindungen liegen nun zum Theil in der Natur vor. Anderseits stehen ihrer künstlichen Erzeugung keine Schwierigkeiten entgegen. Hitzewirkungen vertreiben mehr oder minder grosse Wassermengen aus dem Verbande der aufbauenden Theilchen. Die Untersuchung solcher Verbindungen war der Zweck vorliegender Arbeit.

Die künstliche Darstellung der zu vergleichenden Substanzen hat den Vorzug der grösseren Vollständigkeit des Vergleichsmaterials. Bei den natürlichen Verbindungen muss man sich eben mit den vorhandenen Mineralen begnügen, so dass grosse Lücken bei den Vergleichungen nicht ausbleiben. Einige solche Beziehungen zwischen Zeolithen und in der Natur vorhandenen, wasserfreien Verbindungen sollen zunächst hier kurz angedeutet werden.

Die Formel des Heulandits $CaAl_2Si_6O_{16} + 5\,aq$ entspricht bis auf das Wasser ganz der des Albits $Na_2Al_2Si_6O_{16}$, die wiederum mit der des isomorphen Kalkfeldspathes Anorthit in bekannter Weise in Einklang zu setzen ist.

Vergleicht man die Formen von Heulandit und Anorthit so empfiehlt es sich, ersterem die Stellung zu geben bei welcher die bei der üblichen Aufstellung (vergl. z. B. Lehrbuch von Naumann 1885. S. 714) zur Basis genommene Fläche zu $\infty P \bar{\infty} (100)$ wird. Der Heulandit stellt dann einen rhombisch erscheinenden Flächencomplex dar, der Form $\infty P \grave{\infty} (010)$; $\infty P \bar{\infty} (100)$; $0 P (001)$; $P \bar{\infty} (\bar{1}01)$, dessen rhombisches Aussehen in der fast gleichen Neigung von $0 P (001)$ und $P \bar{\infty} (\bar{1}01)$ zur Verticalaxe begründet ist.

Wie bekannt fällt auch bei den Feldspathen der Umstand, besonders in den einfacheren Combinationen, z. B. des Adulars, auf, dass $0 P (001)$ und $P \bar{\infty} (\bar{1}01)$ in ihrer fast gleichen Neigung den Krystallen ein rhombisches Äussere geben.

Die Ähnlichkeiten zwischen Heulandit und den Feldspathen sind aber nicht nur der allgemeinen Flächenanlage nach vorhanden, sie erstrecken sich vielmehr selbst auf die Grössen der Winkel. In folgender Tabelle ist die Hauptzone des Heulandits, die der Axe *b*, mit der entsprechenden des Anorthits verglichen.

Heulandit		Anorthit	
$\infty P \bar{\infty} (100) : 0 P (001)$	$= 116^\circ 20'$	$\infty P \bar{\infty} (100) : 0 P (001)$	$= 116^\circ 3'$
$0 P (001) : P \bar{\infty} (\bar{1}01)$	$= 129^\circ 40'$	$0 P (001) : ,P,\bar{\infty} (\bar{1}01)$	$= 128^\circ 34'$
$P \bar{\infty} (\bar{1}01) : \infty P \bar{\infty} (\bar{1}00)$	$= 114^\circ 0'$	$,P,\bar{\infty} (\bar{1}01) : \infty P \bar{\infty} (\bar{1}00)$	$= 115^\circ 23'$.

Die Ähnlichkeit ist eine so grosse, dass sie in Anbetracht der beträchtlichen chemischen Verschiedenheit der beiden Minerale überrascht und nicht zu den »Zufälligkeiten« gezählt werden kann, zumal ähnliche Verhältnisse bei anderen Mineralen wiederkehren.

Die Formverwandtschaft beschränkt sich wesentlich auf die Hauptzone der beiden Minerale. Die als kleinere Flächen erscheinenden Gestalten des Heulandits finden, wenigstens bei der letztgeübten Aufstellung, keine Analogie unter den Flächen des Anorthits.

Es erinnert dies letztere Verhältniss an das, in welchem bekanntermaassen Körper zu einander oft stehen, welche, durch Substitution von einander ableitbar, ihre morphotropische Beziehung der Art ausgedrückt zeigen, dass im Axenverhältniss eine Axe bei beiden in ihrer Länge annähernd gleich ist, eine andere beträchtliche Verschiedenheiten aufweist.

Es ist bekannt, dass auch andere Zeolithe in ihrer Gestalt und Bauweise mancherlei Ähnlichkeiten mit den ihnen entsprechenden wasserfreien Silicaten zeigen.

Es sei hier noch die Desmingruppe und der Analcim berührt.

Die Angehörigen der Desmingruppe, vor allem Desmin, Harmotom und Phillipsit, sind, wie bekannt, ganz den triklinen Feld-

spathen entsprechend aufgebaut.[1] Man kann die Zwillingsgesetze der Plagioklase ohne weiteres auf sie übertragen. Trikline Individuen vereinigen sich zu Zwillingen nach dem Albitgesetze, welche wiederum durch Zwillingsbildung nach $oP(001)$ zu einem höheren Complex erhoben werden. Diese Zwillingsstöcke durchkreuzen sich rechtwinkelig nach dem Bavenoer Gesetze der Feldspathe. In den Winkelverhältnissen sind gleichfalls Ähnlichkeiten nicht zu verkennen.

			Anorthit
$\infty P(110):\infty P(1\bar{1}0)$	Desmin:	$118^\circ 50'$	$\infty P(110):\infty P(1\bar{1}0)$
	Phillipsit:	$119^\circ 18'$	$= 120^\circ 30' 50''$
	Harmotom:	$120^\circ 1'$	
$\beta =$	Desmin:	$129^\circ 11'$	$\beta = 115^\circ 55'$
	Phillipsit:	$124^\circ 23'$	
	Harmotom:	$124^\circ 50'$	
$'P,\breve{\infty}(0\bar{1}1):,P'\breve{\infty}$	Desmin:	$94^\circ 25'$	$2'P,\breve{\infty}(0\bar{2}1):2,P'\breve{\infty}(021)$
(011)	Phillipsit:	$87^\circ 56' 40''$	$= 90^\circ 35' 47''$
	Harmotom:	$89^\circ 24' 20''$	

Einen fast rechtwinkeligen Klinodomenwinkel findet man auch beim Gismondin.

Die bedeutsame Formengleichheit zwischen Leucit und den meisten Vorkommnissen des Analcim ist hinlänglich bekannt, und die chemische Analogie zwischen beiden eine auffällige. Hier ist nur der reguläre Analcim mit normalem Wassergehalt zum Vergleich heranzuziehen, der, wie es durch mannigfache Untersuchungen dargethan ist, in manchen Krystallen wenigstens stellenweise noch vorhanden ist und, wie Prof. Klein gezeigt hat, nachdem bereits A. Merian eine Verringerung der Stärke der Doppelbrechung bei der gelinden Erwärmung des Analcims im Wasser- oder Paraffinbade festgestellt hatte, aus anisotropen Analcimen durch Erhitzen unter Zufuhr von Wasserdampf in vollständiger Weise rückerzeugt werden kann. Der Leucit hat die Formel $K_2Al_2Si_4O_{12}$, der Analcim $Na_2Al_2Si_4O_{12} + 2$ aq. Der nächste vergleichbare, wasserfreie Körper würde für Analcim der Natronleucit sein. Der Kalileucit und der Analcim stehen nicht nur in dem weiteren Verhältniss einer chemischen Verwandtschaft zu einander, sondern auch im engeren Substitutionsverhältniss, da K auf der einen Seite, Na auf der anderen vorhanden ist. Nichts destoweniger erscheinen die Formen beider gleich. Es muss deshalb auch dem in der Natur noch nicht gefundenem Natronleucit die reguläre Gestalt zugeschrieben werden, die in dem Analcim, als der entsprechenden Zeolithverbindung, trotz des Wassergehalts erhalten bleibt.

[1] Vergl. P. Groth, Tabellarische Übersicht der Mineralien. 3. Aufl. 1889. S. 148.

Derartige Beispiele für nahe Beziehungen der Gestalten von Zeolithen und der ihnen parallel zu stellenden, wasserfreien Silicate liessen sich im Hinblick, z. B auf Epistilbit, Chabasit und andere noch vermehren. Es seien an dieser Stelle indess nunmehr die künstlich mehr oder minder wasserarm gemachten Verbindungen betrachtet, welche man aus den Zeolithen durch Hitzewirkung erlangen kann. Es drängt sich bei diesen Vergleichen die Thatsache unabweisbar auf, dass viele der in der Natur vorliegenden Zeolithe in ihrer Gestalt scheinbar eine hohe Symmetrie darstellen, welche nicht ihren Einzeltheilchen zukommt, vielmehr das Ergebniss einer oft verwickelten Zwillingsbildung ist. Beim Erhitzen gehen sie zum Theil thatsächlich in das System über, welches sich in ihrem gewöhnlichen Zustande darzustellen scheinen und durch Zwillingsbildung gewissermaassen anstreben.

Es ist dies Verhältniss am einfachsten gewiss im Hinblick auf die Gesetze der Morphotropie zu fassen. Es liegen vor und nach dem Erhitzen zwei chemisch verschiedene Substanzen vor, welche indess sich immerhin so nahe stehen, dass ihrer empirischen Zusammensetzung nach nur ein mehr oder minder grosser Wassergehalt sie scheidet. Diese chemisch entfernt verwandten Körper sind zwar auch ihrem Symmetriegrade nach zu unterscheiden, indess wird anderseits die nahe gegenseitige Beziehung auch in der Form dadurch zum Ausdruck gebracht, dass der niedersymmetrische Körper durch Zwillingsbildungen dem höher symmetrischen sich nähert.

In einem solchen Verhältniss stehen zu einander Desmin und sein Entwässerungsproduct, der Metadesmin, Epistilbit und Metaepistilbit, Skolecit und Metaskolecit (zweiter Art). Die unveränderten Zeolithe erscheinen durch Zwillingsbildung rhombisch. Ihre Entwässerungsproducte sind es in der That.

Bei anderen Zeolithen wird dieselbe morphotropische Beziehung nicht durch zwillingsmässige Verbindung niedersymmetrischer Theile zu höher symmetrischen Einheiten ausgedrückt, sondern die Einzeltheile selbst nähern sich bereits der höheren Symmetrie, welche ihre Entwässerungsproducte besitzen. Hierfür liefert der Heulandit ein Beispiel, welcher ohne Zwillingsbildung bereits das rhombische System in seiner Gestalt andeutet, welches der erhitzten (d. h. mehr oder minder stark entwässerten) Substanz zukommt.

Eine fernere Gruppe von Zeolithen lässt sich in wasserärmere Verbindungen überführen, welche mit ersteren das Krystallsystem theilen. Hier ist der Symmetrieunterschied bei den sich entsprechenden Verbindungen mithin verschwunden. Hierher gehören Harmotom und Phillipsit sowie Chabasit. Alle drei gehören in den vom Ver-

fasser untersuchten Vorkommnissen und in dem Zustande, in dem sie in der Natur vorliegen, in das trikline System, und auch ihre Entwässerungsproducte sind in diese Gruppe zu stellen. Immerhin sind dann noch die physikalischen Verhältnisse, wie sie in den optischen Eigenschaften sich ausdrücken, von wesentlicher Verschiedenheit bei den zusammengehörigen, Wasser in verschiedener Menge führenden Verbindungen. Doch auch diese Unterschiede können schliesslich gering werden und sich, wie es beim Thomsonit geschieht, wesentlich auf den Grad der Doppelbrechung beschränken.

Solchen Verhältnissen sind als Gegensätze die entgegenzustellen, wie sie sich beim Natrolith und Metanatrolith vorfinden. Ersterer gehörte nach dem optischen Befund der untersuchten Krystalle dem rhombischen System an. Der Metanatrolith ist in das monokline System zu stellen. Die wasserreichere Verbindung ist hier die höher symmetrische. Das Gesetz der Erscheinungen ist aber auch hier nicht zu verkennen. Die niedersymmetrische Verbindung ahmt durch oft verwickelte Zwillingsbildung die Gestalt der höher symmetrischen nach, und nur die physikalische Untersuchung deckt das wahre Verhältniss auf.

Die Lehre von der Krystallstructur wird durch die vorliegenden Untersuchungen unmittelbar berührt.

Es ist gezeigt worden, dass das Krystallgefüge weitgehende innere Veränderungen verträgt, ohne einen Zusammensturz zu erleiden.

Die Umänderungen fallen in den Bereich der Pseudomorphosenbildungen. In neuerer Zeit sind mannigfache derartige Umstellungen bekannt geworden, welche in die besondere Abtheilung der Paramorphosen gehören. In diesem Sinne, als Paramorphosenbildung vollkommenster Art, hat Prof. C. Klein die physikalische Änderung aufgefasst, welche der Leucit sowie der Boracit bei ihrem Übergange aus dem rhombischen in das reguläre System erfahren, gleichwie diejenige, die beim Aragonit bei seiner Überführung in Kalkspath stattfindet. Letzteres Beispiel hat, wie z. B. auch die von Mügge erkannte Änderung des monoklinen in hexagonalen Leadhillit, ganz besonderes Interesse, weil diese Vorgänge die Bestimmung des Stellungsverhältnisses der Theilchen vor und nach der Umwandlung zu machen erlauben. Sehr charakteristische Richtungen haben bei beiden Modificationen Bedeutung. Aragonit sowohl wie Leadhillit stellen bei der groben Betrachtung, besonders wenn Zwillingsbildungen vorhanden sind, hexagonale Symmetrie dar und zeichnen dadurch die Normale auf oP(001) als scheinbare Hauptaxe aus. Auch in optischer Beziehung ist eine Annäherung an die Verhältnisse des hexagonalen Systems nicht zu verkennen. Auf oP(001) erblickt

man das Curvensystem um die erste Mittellinie, bezeichnender Weise mit sehr geringem Axenwinkel. Nach der Umwandlung ist die Normale auf oP(001) zur Richtung der optischen Axe des optisch einaxigen Körpers geworden, also zur wirklichen Hauptaxe, welche sie bei der nicht paramorphosirten Verbindung nur zu sein schien.

Diese Verhältnisse führen nun unmittelbar zu den Vorgängen über, welche bei den Zeolithen sich durch Erwärmen einstellen.

Es handelt sich hierbei nicht um Paramorphosen, sondern um Pseudomorphosen, die durch Verlust von Bestandtheilen (Wasser) bewirkt sind. Die Pseudomorphosenbildung vollzieht sich ohne einen Zusammensturz des Krystallgefüges. Die Krystallstructur ist geändert, aber gesetzmässig geblieben.

Im Hinblick auf Aragonit interessiren hier zunächst Desmin, Skolecit, Epistilbit, Heulandit, welche wie Aragonit, sei es durch Zwillingsbildung oder schon durch ihre Flächenanlage in höherer Symmetrie erscheinen, als die ist, welche sie in Wirklichkeit besitzen. Die Krystallstructur ändert sich der Art, dass nunmehr wie bei Aragonit und Leadhillit, die angedeutete Symmetrie wirklich erreicht ist.

Die Empfindlichkeit der Zeolithe gegen Umänderungen ist eine recht verschiedene. Bei den meisten, wie Desmin, Heulandit, Epistilbit, Natrolith, Skolecit, ist die getrübte und wieder in Öl geklärte Substanz von ausgezeichneter Festigkeit und kann wie der ursprünglich vorliegende Krystall untersucht werden. Andere, so Harmotom, Phillipsit, Chabasit, zeigen, dass die Umänderung das Krystallgebäude gelockert und dem Einsturz nahe gebracht hat. An der Luft zerfallen sie bald in Pulver, oft, wie Chabasit, mit einer gewissen Explosivkraft, welche die Theilchen von einem Schliff mit Gewalt wohl einen Centimeter weit fortschleudert. Unterstützt man das Krystallgebäude dadurch, dass man die Schliffe in zähen Balsam einlegt und durch die oben und unten anliegenden Gläser des Object- und Deckgläschens ein Ausweichen der Theilchen verhindert, so ist die Krystallstructur durch diese äussere Verfestigung haltbar.

Es ist nicht zu verkennen, dass gerade diese gegen Veränderungen empfindlichen Zeolithe zu gleicher Zeit keine sehr weitgehenden Umlagerungen aufweisen. Harmotom, Phillipsit, wie Chabasit bleiben triklin. Vielleicht ist gerade in der leichten Zerstörbarkeit des Materials die Ursache davon zu sehen, dass weitergehende Veränderungen, wie z. B. ein Rhombischwerden der scheinbar rhombischen Harmotome und Phillipsite, nicht zur Beobachtung gelangt, wenngleich auch andere Erklärungen für diese Verhältnisse gemacht werden könnten.

An die Betrachtung der normalen Verhältnisse der Krystallstructur schliessen sich naturgemäss die abnormen an, wie sie in den optischen Anomalien zu Tage treten. Hier sollen nur die betreffenden Erscheinungen, die bei den untersuchten Zeolithen auftreten, besprochen werden. Eine Hauptfrage in Sachen der optischen Anomalien ist bei diesen Körpern, wie bekannt, die, ob die betreffenden Krystalle sich ursprünglich aus Theilen niederer Symmetrie zwillingsmässig aufgebaut oder durch nachträgliche Veränderungen im Rahmen der alten Form einen Zerfall in niedersymmetrische Theile erfahren haben. Da directe Beobachtungen über die ursprünglichen Verhältnisse der in der Natur entstandenen, optisch abnormen Krystalle nicht vorliegen, hat hier der Versuch besonders hervorragenden Werth, und es ist ein glücklicher Umstand, dass im Natrolith ein ganz ausgezeichnet geeignetes Material für die einschlägigen Experimente gefunden ist.

Es ist nicht zu bezweifeln, dass dieser Körper in seinen charakteristischen Schliffen parallel o P (001) optisch einheitlich gefunden wird. Ob der Natrolith dem rhombischen oder monoklinen System zuzurechnen sei, hat für die in Rede stehende Frage nur eine Bedeutung zweiten Grades.

Diese optisch einheitliche Substanz kann, wie aus den weiter oben beschriebenen Versuchen hervorgeht, durch Erhitzen und den dabei hervorgerufenen Wasserverlust in eine Verbindung übergeführt werden, welche alle Eigenschaften der optisch abnormen Substanzen zeigt. Sie ist im Rahmen der alten Form geblieben und aus Theilen niederer Symmetrie aufgebaut. Der nunmehr zwillingsmässige Aufbau zeigt deutliche Beziehungen des Zerfalls zu den Begrenzungselementen. Die Auslöschungen sind wechselnde bei den verschiedenen Krystallen, je nach dem mehr oder minder grossen Wasserverluste.

Wenn ganz ähnliche Vorgänge von Prof. C. Klein zur Erklärung für die optischen Anomalien anderer Zeolithe angenommen sind, so finden diese Annahmen in dem Verhalten des Natroliths eine starke Stütze.

Der Umstand, dass der optisch anomale Natrolith in seinen normalen Zustand beim Liegen an der Luft zurückkehrt, ist kein Hinderungsgrund für die Annahme, dass bei anderen Zeolithen dieser abnorme Zustand zu einem dauernden geworden ist, giebt vielmehr nur die Erklärung dafür ab, dass optisch abnorme Natrolithe in der Natur bislang nicht gefunden worden sind.[1] Bei anderen Zeolithen

[1] Krystallplatten von Natrolith, die etwa durch das Erhitzen beim Schleifen (Einkitten in heissen Balsam) abnorm geworden sind, sind keine natürlichen mehr. Sie kehren in ihren normalen Zustand beim Liegen an der Luft zurück.

ist eben der Vorgang nur ein einseitig verlaufender, kein umkehrbarer, wie die Versuche z. B. am Skolecit oder Analcim beweisen.

Die Beobachtungen, welche an dem geglühten Analcim angestellt werden konnten, lehrten, dass, wie es schon durch frühere Beobachtungen zuerst von Ben-Saude bekannt war, die Stärke der Doppelbrechung, die Deutlichkeit in den Erscheinungen der optischen Anomalie, nach dem starken Erhitzen mehr und mehr zunimmt. Vorher isotrope (nicht etwa optisch einaxige) Felder sind doppelbrechend geworden. Geglühte Schliffe zeigen kräftigste Wirkung, sodass eine fortlaufende Reihe zwischen dem normalen isotropen Analcim und der deutlichst doppelbrechenden, entsprechenden, wasserfreien Substanz, dem triklinen Natronleucit, hergestellt werden kann. In den Zwischenzuständen sind solche verschieden starker Doppelbrechung zu sehen, die nicht Zustände der Gesetzwidrigkeit sind (in diesem Sinne wäre der Name optische Anomalie unberechtigt), sondern es liegt eine Substanz vor, die hauptsächlich nur durch die Verschiedenheit des Wasserverlustes an verschiedenen Stellen ein unregelmässiges Aussehen gewonnen hat.

Es hängen diese Verhältnisse auf's Engste mit denen des Heulandits zusammen, wenngleich bei diesem Mineral der normale, monokline Zustand noch nicht erreicht ist.

Die Spaltblättchen des natürlichen Heulandits zeigten stets mehr oder minder ausgesprochen den Zerfall in optisch verschieden orientirte Sectoren, welche sich den Begrenzungselementen anschliessen. Diese optische Anomalie fehlt der durch mässiges Erhitzen theilweise entwässerten Substanz. Sie kehrt bei weiterem Erhitzen bis zum Trübewerden wieder, um abermals bei noch fortgesetzter Temperaturerhöhung und nun endgültig zu verschwinden.

Der Heulandit erweist sich mithin innerhalb bestimmter Grenzen der Wasserführung als optisch normale, ausserhalb dieser Grenzen als optisch abnorme Substanz.

Die Prüfung der Krystallisationsfähigkeit des Silicats in den verschiedenen Zuständen der grösseren oder geringeren Wasserführung muss als das Endziel der einschlägigen Versuche angesehen werden.

Ausgegeben am 20. November.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1890.
XLVII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

---

20. November. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Mommsen.

1. Hr. Mommsen las: Über einige neu gefundene römische Urkunden.

2. Hr. von Helmholtz legte die umstehend folgende Mittheilung des Hrn. Prof. Ferdinand Braun in Tübingen vor: Beobachtungen über Elektrolyse.

Beobachtungen über Elektrolyse.

Von Prof. FERDINAND BRAUN
in Tübingen.

(Vorgelegt von Hrn. VON HELMHOLTZ.)

(Erste Mittheilung.)

1. Im Verfolg von Versuchen, deren Deutung auf Schwierigkeiten führte, kam mir eine Beobachtung in Erinnerung, welche GROTTHUSS ganz gelegentlich gemacht und in GILBERT's Annalen[1] vom Jahre 1819 beschrieben hat. Das Wesentliche seiner Erfahrung ist das Folgende: GROTTHUSS hatte in der Absicht, Jodwasserstoff zu bereiten, eine unten zugeschmolzene, ziemlich dicke Glasröhre mit einer alkoholischen Jodlösung gefüllt und mit ihrem unteren geschlossenen Ende in ein Kelchglas voll Wasser gestellt. Die Pole einer 100paarigen VOLTA'schen Batterie tauchten je in eine der beiden Flüssigkeiten, und beide sollten später durch angefeuchtete Asbestfäden leitend verbunden werden. Nach einigen Stunden bemerkte er, dass in der Jodlösung schon Wirkung stattgefunden hatte, ohne dass die Communication gemacht war. Bei näherer Untersuchung fand sich ein sehr feiner Riss am unteren Ende der Röhre, »durch den aber ohne Mitwirkung des Galvanismus die Flüssigkeit nicht herauszudringen vermochte«.

»Er reinigte nun«, um mit seinen eigenen Worten fortzufahren, »den Apparat, füllte die Röhre und das Kelchglas zum Theil mit einer Auflösung von Silbersalpeter-Krystallen in Wasser, und stellte die Röhre, wie vorher, in das Kelchglas. Als darauf der positive Pol mit der Flüssigkeit des Kelchglases, und der negative Pol mit der Flüssigkeit der Röhre in Verbindung gesetzt wurde, bemerkte er Folgendes. Am positiven Pol bildete sich graphitfarbiges Silber-Hyperoxyd, welches sich fest und in krystallinischer tetraedrischer Gestalt am Platindraht anlegte. Am äusseren Riss der Röhre schlug sich reines, sehr weisses, blätterförmiges Silber metallisch nieder.

[1] GILBERT's Annalen. Bd. 61. S. 65ff.

Der innere Riss gab nur Gas, das ohne Zweifel Sauerstoffgas war, und der negative Pol (gleichfalls Platindraht) hatte sich, so wie der äussere Riss, mit metallischem, dendritisch geordnetem Silber belegt«. Grotthuss schliesst aus dem Versuch, dass »diese höchst dünne, zwischen den Glasflächen eingepresste Wasserschicht sich wie ein fester Leiter, oder vielmehr wie ein edles Metall verhalte«.

Wenn aber, wie nach den Angaben des Verfassers zu vermuthen ist, trotz der Reinigung in dem feinen Riss Jodlösung blieb, so wird sich in dem Spalt ein Niederschlag von Jodsilber gebildet haben. Jodsilber leitet bekanntlich die Elektricität, und zwar elektrolytisch. Wenn nun die aus der Lösung dem Jodsilber zugeführten Jonen sich vollständig mit denen des Jodsilbers austauschten, so könnte höchstens eine Verschiebung der ganzen Jodsilberschicht eintreten. Findet aber — und das ist ja fast die Regel — der Austausch nicht vollständig statt, so lässt sich eine Abscheidung von Silber wohl denken. Ist aber eine kleine Menge Metall entstanden, so ist auch ein Weiterwachsen desselben erklärlich. Es braucht an der einen Seite des Silbers nur eine dünne Schicht des metallisch leitenden Superoxydes zu entstehen, so kann sich von ihm aus Sauerstoff entwickeln, während an der anderen Seite sich neues Metall ansetzt. Diese Sauerstoffentwickelung beobachtete auch Grotthuss thatsächlich an den zu Anfang des Versuches gebildeten Superoxydschichten der Platinanode.

2. Ich möchte glauben, dass die Grotthuss'sche Beobachtung meist in dieser Weise gedeutet worden sei. Wenigstens habe ich sie früher so aufgefasst. Es schien mir aber jetzt wahrscheinlich, dass der Versuch auch unter reinen Bedingungen gelingen möchte. Als ich in die etwa 1^{mm} starke Wand eines unten zugeschmolzenen Glasröhrchens einen feinen Riss gemacht, das Röhrchen innen und aussen mit einer ziemlich concentrirten Lösung von Silbernitrat umgeben und den Strom von 5 Accumulatoren in der Richtung von aussen nach innen etwa eine Stunde lang hatte hindurchfliessen lassen, fand ich thatsächlich auf der äusseren Seite den Riss mit fest anhaftenden Silberstückchen umgeben, während innen ein continuirlicher Strom von feinen Gasbläschen aufstieg. Die Nadel eines in den Stromkreis eingeschalteten Multiplicators war dabei in fortwährenden Schwankungen begriffen.

3. Silbersalze werden, namentlich im Licht, leicht durch organische Substanzen reducirt. Eine, selbst dem bewaffneten Auge vielleicht unsichtbare Quantität metallischen Silbers, die sich im oder am Spalt abgeschieden hat, kann, ja muss sogar nach dem oben mitgetheilten Verhalten des Silbers weiter wachsen. Die Beobachtung hätte daher, eine solche Anregung zur Metallbildung zugegeben, kein weiteres Interesse. Ist die Metallabscheidung aber nicht durch diese

Eigenschaft der Silbersalze bedingt, so wird man annehmen müssen, dass die Erscheinung allgemeiner Natur sei. Die Versuche, welche ich in der damit gegebenen Richtung anstellte, schienen aber diese Auffassung nicht zu unterstützen. Eine gesättigte Lösung von Kupfervitriol zeigte nicht das Verhalten des Silbernitrats. Da die Natur der Säure möglicherweise eine Bedeutung haben könnte, so wurde Kupfernitrat versucht, gleichfalls ohne Erfolg. Ebensowenig zeigte sich eine Wirkung bei Salpetersäure und Chlorkaliumlösung. Als der Lösung von Silbernitrat etwas Salpetersäure zugefügt wurde, in der Absicht, die freiwillige Reduction zu verhindern, war auch keine elektrische Wirkung mehr zu beobachten. Natürlich rechnete man dabei nicht auf ein Ausfallen von Metall, sondern auf das Sichtbarwerden einer Gasentwickelung durch secundäre Umsetzung. Das negative Jon schien danach nicht frei zu werden, wenn nicht gleichzeitig das positive sich metallisch ausscheiden konnte, was gegen unsere sonstigen elektrolytischen Erfahrungen geht. Auch aus einer gesättigten, aber nicht angesäuerten Lösung von Silbersulfat schied sich kein Metall aus.

4. Schwefelsaures Silber löst sich nur zu etwa 1 Procent in Wasser. Es könnte die Concentration von Einfluss sein. In der That; als ich eine verdünntere Lösung von Silbernitrat dem Versuch unterwarf, schieden 12 Accumulatoren in 2 Stunden keine bemerkbare Silbermenge aus. Mit dem Strom von 20 Elementen war aber sofort die Wirkung wieder da. Demnach scheint es, als ob jeder Concentration eine gewisse Stromstärke zugehöre, unterhalb deren keine Zersetzung eintritt.

5. Ehe man aber darauf näher einging, schien es mir förderlicher, unter Benutzung der gewonnenen Erfahrung weitere Metallsalze zu prüfen. Ich griff zunächst nach den Salzen des dem Silber chemisch analogen Bleies. Eine ziemlich concentrirte Lösung von Bleiacetat gab in der That bei mehreren Versuchen deutliche Schüppchen von Blei, welche aber bald abfielen, so dass eine irgend auffällige Krystallisation nicht zu erreichen war. Sie schienen mir vom Spalt weggestossen zu werden, als ob sich zuerst eine Verbindung gebildet hätte, welche wieder von selber zerfällt.

6. Silber und Blei bilden metallisch leitende Superoxyde; beide absorbiren auch in beträchtlicher Menge Wasserstoff. Erwägungen, die ich hier bei Seite lasse, legten den Gedanken nahe, dass Metalle, welche die eine oder andere Eigenschaft besitzen, ausschliesslich oder wenigstens besonders stark die gesuchte Erscheinung zeigen möchten. Aber weder Wismuthchlorid, noch Wismuth in alkalisch weinsaurer Lösung, welche die bekannten prachtvollen Superoxydschichten bildet,[1]

[1] Wernicke. Pogg. Ann. Bd. 139. S. 132 ff. — Bd. 141. S. 109 ff.

ergaben ein Resultat. Auch das hierher gehörige Mangansulfat wurde vergeblich versucht. Die Fähigkeit, Superoxyde zu bilden, scheint daher nicht maassgebend zu sein. — Aber die Eigenschaft Wasserstoff zu absorbiren? In der That, als eine gesättigte Lösung von Palladiumnitrat verwendet wurde, bedeckten bald eine Menge spiessförmige Krystalle den Spalt. Palladiumnitrat ist ein Körper, welcher auch in gesättigter Lösung einer lange Zeit fortschreitenden Spaltung in basisches Salz unterliegt. Die Wände von Glasgefässen, in denen eine solche Lösung steht, bedecken sich bald mit einer glänzenden Haut, deren Aussehen den Verdacht eines metallischen Überzuges nahelegt, und somit will der Versuch nichts beweisen. — Goldchlorid, eine stabilere Verbindung, zeigte in etwa fünfprocentiger Lösung nach kurzer Zeit auf der einen Seite des Spaltes Wülste von metallischem Gold, während auf der anderen Seite Gasblasen aufstiegen. Durchsetzte der Spalt das vertical gestellte Röhrchen theilweise in horizontaler Richtung, so konnte man den Spalt durch Zug am Röhrchen erweitern, ohne dass die Gasentwickelung aufhörte. Bei Zusammendrücken schien sie stärker zu werden. Der Verdacht, dass Wasserstoff, der von der Kathode aus in die Lösung gelangt, zuerst chemisch Gold niederschlage, war aber zu nahe gelegen, als dass der Versuch beweiskräftig schien. Dieser Verdacht wurde noch dringender, als in einer zehnprocentigen Lösung des viel weniger leicht reducirbaren Platinchlorides keine Metallfällung am Spalt beobachtet wurde. Dies schien auch gegen einen Zusammenhang mit dem Vermögen, Wasserstoff zu occludiren zu sprechen. Aber die Concentration oder die Stromstärke konnte nicht passend gewesen sein. Ich ging daher weiter: eine gesättigte Lösung des sehr leicht löslichen Cobaltnitrates gab wirklich nach längerem Stromdurchgang auf der einen Spaltseite warzenförmige, sehr feste Bröckchen metallischen Cobalts. Mit diesem Resultat schienen mir zum ersten Male alle Bedenken, welche ich gegen die anderen Versuche hatte, beseitigt. Aber die Lösung ist so wenig durchsichtig, dass man den Vorgang nicht verfolgen kann. — Mit Nickelsulfat, Nickelammonsulfat und mit Lösungen des sehr leicht löslichen Nickelchlorürs konnte ich keine Metallabscheidung erzielen. — Diese Verschiedenheit von Nickel und Cobalt ist auffallend. Dennoch versuchte ich Eisensalze. Bei Eisenchlorid konnte man Metallabscheidung nicht erwarten, sondern nur Gasentwickelung einerseits, Entfärbung durch Chlorürbildung andererseits. Der Versuch war ohne Erfolg. Dagegen lieferte eine gesättigte, frisch hergestellte Lösung von Ferrosulfat auf der einen Spaltseite einen unzweifelhaften, festhaftenden Belag mit metallischem Eisen; auf der anderen Spaltseite entwickelten sich Anfangs keine Gasbläschen, jedenfalls weil sie

in der Lösung für chemische Processe verbraucht wurden. Nach einiger Zeit trat aber auch Gasentwickelung ein.

Erst damit schienen mir alle Bedenken erledigt; weder Wasserstoff, welcher von der Kathode diffundirt, kann hier Metall ausscheiden, noch kann Sauerstoff, der von der Anode stammt, eine metallisch leitende Verbindung am oder im Spalt erzeugen. Den Versuchen mit Silbernitrat darf man nun auch mehr Vertrauen entgegenbringen. Ich überzeugte mich nochmals, dass Silbernitrat die Erscheinung giebt auch unter Bedingungen, wo nicht wohl von den Elektroden aus Wasserstoff oder Sauerstoff zum Spalt gelangen konnten.

Stellt man die positiven Ergebnisse der Versuche zusammen, so wären es diese:

1. Silbernitrat; Bleiacetat, Bleinitrat; Goldchlorid; Cobaltnitrat; Palladiumnitrat; Eisensulfat zeigen die Erscheinung.

2. Es existirt für jede Concentration (und Spaltdimension) eine gewisse Stromstärke, welche erreicht sein muss, ehe Metallabscheidung eintritt; z. B. wurden hindurchgeführt durch eine gesättigte Lösung von Eisensulfat

	Intens.	Resultat
von 10 Acc. während 20′ die relative El-Menge 2640	132	keine Wirkung
" 15 " " 8′ " " " 1760	217	" "
" 21 " " 3/4′ " " " 270	360	Gas am Spalt
" 21 " " 3′ " " " 780	260	Gas und Metall am Spalt.

Die Stromdichte, für welche Zersetzung eintritt, will ich Grenzdichte nennen.

7. Diese letztere Erkenntniss legt den Gedanken nahe, zunächst durch starke Ströme, wenn auch von nur kurzer Dauer, eine Metallabscheidung einzuleiten, um sie dann durch schwache Ströme weiter zu entwickeln. Man sollte zu dem Ende den Primärstrom eines Inductionsapparates schnell abfallen und langsam ansteigen lassen, und die so erzeugten Inductionsströme durch den Spalt schicken. Das Inductorium erfüllt diese Bedingung bekanntlich von selber, wenn auch nicht so vollkommen, wie für unsere Zwecke wohl wünschenswerth ist. Immerhin schienen mir einige Versuche in dieser einfachen Form von Interesse. Als man die secundäre Spule eines mittelgrossen Apparates durch einige Flüssigkeiten sich entladen liess, schlossen bei den Lösungen von Silbernitrat und Bleiacetat sofort nach beiden Seiten des Spaltes Gasblasen, gemeinschaftlich mit stark erwärmten Flüssigkeitsschichten heraus; im Spalte bildeten sich Funken. Auch hatte sich im Riss etwas Blei und, wie es schien, auch etwas Silber abgelagert. Mit Kupfersulfat, Schwefelsäure, Zinksulfat, Chlorkaliumlösung, welche durch den constanten Strom nicht zerlegt wurden, gab auch der Inductionsstrom nichts Bemerkenswerthes. Möglicherweise

liefert daher das Verhalten im inducirten Kreise ein bequemes Verfahren, die im Spalt zerlegbaren Körper zu erkennen. Doch sind die Verhältnisse zu complicirt, um schon jetzt nach dieser Richtung weiter zu gehen.

8. Ich wende mich daher wieder zu den einfacheren Erscheinungen zurück. Betrachtet man den Glasspalt, während ein zur Zersetzung ausreichender Strom hindurchgeht, genauer, so erkennt man schon mit blossem Auge, besser bei schwacher Vergrösserung, wie der Spalt pulsirt. Bei stärkeren Strömen tritt ein knatternder, oft durch das ganze Zimmer hörbarer Ton auf. Man beobachtet, dass im Spalt sich Gasbläschen bilden, welche in Form einer Schlangenlinie sich durch den engen Raum hindurchwinden, den Spalt auseinandertreiben, auf der einen Seite entweichen und ihn dann wieder zusammenfallen lassen, um einer neuen Gasschicht Platz zu machen. Ich habe aber nicht erkennen können, dass die Richtung, in welcher die Gasblasen wandern, in einer directen Beziehung zur Stromrichtung stünde. Es scheint mir vielmehr, wenn ich alles Beobachtete zusammenfasse, als ob die Bewegungsrichtung der Bläschen bestimmt sei: 1. durch die hydrostatische Druckdifferenz. Macht man die Flüssigkeitssäule im Rohre höher, so erscheinen mehr Bläschen ausserhalb des Spaltes; und 2. durch die elektrische Fortführung der ganzen Flüssigkeitsmasse durch den Spalt hindurch. Dass die Bläschen am freien Spaltrande sich oft längs desselben in die Höhe begeben, ist natürlich. Sie erscheinen aber wohl auch an Stellen, welche tiefer gelegen sind, als der auf der anderen Seite befindliche Ort der Metallabscheidung. Sie werden durch den Capillardruck, da sie wie flachgepresste Tropfen im Spalt liegen, nach den breitesten Stellen hingedrückt. — Dass das Metall etwa auf der einen Seite, das Gas auf der anderen Seite des Spaltes entstehe, möchte ich nicht glauben.

Auch Säurelösungen (HCl, H_2SO_4), desgleichen Lösungen von Alkalisalzen zeigen bei grossen Stromdichten Pulsiren des Spaltes und Gasabscheidung. Wenn ich auch für den Augenblick eine sichere Entscheidung noch nicht geben möchte, so sprechen mir doch viele Thatsachen für die Annahme, dass dies absorbirte Gase seien, welche in dem (vom Stromdurchgang erwärmten) Riss freigemacht werden. Es ist schwieriger ein sicheres Resultat zu gewinnen, als man denken möchte.

Eine andere, auffallende Erscheinung fand ich aber bei Silbernitrat. Wird eine Lösung mittlerer Concentration und ein Strom von 20 Accumulatoren benutzt, so tritt bald Metallabscheidung und Gasentwickelung ein. Aber nach kurzer Zeit entstehen im Spalt auch Funken, bisweilen schon im Hellen sichtbar, welche bald hier, bald dort aufblitzen und bisweilen den Spalt von oben nach unten und dann wieder rückwärts durchwandern. Bei kleineren Stromstärken

fallen die Funken weg. Man überzeugt sich, wenn man halbhell macht oder im verfinsterten Zimmer die Helligkeit nach Belieben rasch wechseln kann, dass die Fünkchen da auftreten, wo man im Hellen ein Gasbläschen springen sieht. Der nächstgelegene Gedanke, man habe es mit Funkenentladungen in der Flüssigkeit zu thun, stösst auf viele Schwierigkeiten, z. B. die, dass im Spalt sich immer noch zusammenhängende Flüssigkeitsschichten befinden, welche dem Ausgleich der Elektricität einen widerstandsfreieren Weg bieten. Ferner, dass bei anderen Substanzen, wie Schwefelsäure, Salzsäure, welche auch ein Pulsiren des Spaltes und Gas im Innern zeigen, kein Licht auftritt. Wir wollen aber, ohne diese Nebenerscheinung ganz unbeachtet zu lassen, doch zunächst die elektrolytische Zersetzung weiter verfolgen.

9. Die Spalten im Glas waren immer so weit, dass sie von den Flüssigkeiten in kurzer Zeit durchdrungen wurden. Metallische Niederschläge in denselben konnten durch Säuren gelöst und diese wieder durch Wasser und Salzlösungen verdrängt werden. Sie sind daher noch keineswegs von molecularen Dimensionen. Eine merkliche Concentrationsänderung an den Wänden des Risses scheint nicht stattzufinden. Wenigstens gaben Bestimmungen des Widerstandes, den ein solcher Spalt, mit verschiedenartigen Flüssigkeiten gefüllt, zeigt, Werthe, welche — soweit die Genauigkeit der Messungen reichte — proportional dem in weiten Röhren bestimmten Widerstande waren. Man konnte daher bei bekannter Wandstärke und Länge des Spaltes seine Breite berechnen. So ergab sich z. B. für einen vielfach benutzten aus einer Widerstandsmessung mit fünfzigprocentiger Silbernitratlösung seine Breite zu $0^{mm}.00038$. Für die gleiche Lösung und denselben Spalt fand sich die Grenzdichte zu 3.2 ($Amp./mm^2$). Wenn nur der Querschnitt des Flüssigkeitsfadens entscheidend wäre, so sollte bei dieser Stromdichte auch die freie Lösung gespalten werden.

Es ist freilich kaum anzunehmen, dass eine Lösung, welche etwa in einem genau cylindrischen Capillarrohr sich befindet, durch den Strom gleichzeitig an allen Stellen zerlegt werde. Abgesehen davon, dass man niemals diesen Fall wird realisiren können, würde sonst die Lösung in ihrer ganzen Ausdehnung kurz unterhalb der Grenzdichte in einem labilen Gleichgewichtszustande sich befinden, und es müsste bei Überschreitung der Grenzdichte plötzlich eine enorme elektromotorische Kraft auftreten. Wenn auch möglicherweise solche Dissociationsarbeiten in der räthselhaften elektromotorischen Gegenkraft des Lichtbogens, vielleicht auch sonst bei Gasentladungen vorkommen, so waren die Thatsachen für Flüssigkeiten doch noch zu wenig gesichet, als dass man an eine Prüfung dieser Möglichkeit denken konnte.

Aber der kleine Werth der gefundenen Grenzdichte liess es möglich erscheinen, auch mit verhältnissmässig kleinen elektromotorischen Kräften in Spalten von makroskopischen Maassen die Erscheinungen aufzufinden, wenn die Dicke der Wand entsprechend herabgesetzt würde.

In ein Glimmerblättchen von $0^{mm}08$ Dicke wurde mit einem gewöhnlichen Messer ein Spalt von 1.5^{mm} Länge geschnitten. Man konnte ihn mit blossem Auge erkennen. Das Blättchen wurde als Scheidewand in einen kleinen Glastrog gekittet und derselbe mit einer ziemlich verdünnten Lösung von Silbernitrat gefüllt. Der Strom von 21 Accumulatoren, welcher mit einer Intensität von etwas über 0.1 Ampère die Lösung durchfloss, gab fast momentan mit Stromschluss eine Abscheidung schwammigen Silbers an der einen Seite des Spaltes. Der Spalt wurde nach Reinigen mit Salpetersäure in der Mitte mehr klaffend erweitert. Wieder trat Bildung von Silber, zunächst an den dünnsten Stellen des Spaltes ein, sistirte aber in der Nähe der Öffnung. Dasselbe fand statt, als die Mitte des Spaltes zu einem kleinen Loche erweitert war. Da im ganzen Querschnitt die Stromdichte wesentlich die gleiche ist, so kann diese allein nicht entscheidend sein. Die Vermuthung, dass es auf eine aus den Maassen des Spaltes bestimmte Zahl im Verhältniss zu der Winkelöffnung des angrenzenden, mit dem Elektrolyten gefüllten Raumes ankomme, konnte ich bisher weder genügend bestätigen noch widerlegen. Doch wird sie durch eine Anzahl Thatsachen, auf welche ich ebenso wie auf die Frage selber demnächst ausführlicher zurückkommen möchte, unterstützt.

Der obige Spalt war ziemlich unregelmässig. Mit einem besser geschnittenen, dessen Breite ich unter dem Mikroskop zu $0^{mm}06$ bestimmte, gelangen die Versuche gleichfalls sehr gut. Eine solche Breite ist mit blossem Auge oder einer schwach vergrössernden Lupe deutlich zu erkennen.

10. Die bisherigen Versuche hatten lediglich den Zweck einer etwas breiteren Orientirung. Bei dem grossen Umfang, den sie annahmen, und den vielen Fragen, welche entstanden, schienen messende Versuche zunächst kaum angebracht. Allerdings erhielt man keinen Aufschluss darüber, wie die günstigsten Bedingungen als Function der Concentration einerseits, der von ihr abhängigen Stromstärke andererseits seien. Es wurde jetzt nöthig, um eine leichtere Lösung weiterer Aufgaben herbeizuführen, darauf einzugehen. Ich gebe im Folgenden eine Übersicht von Messungen, welche sich auf Silbernitrat beziehen. Dieser Körper gewährt den Vortheil, dass man die Concentration in sehr weiten Grenzen ändern und die ersten Metallniederschläge, namentlich in verdünnten Lösungen, sehr scharf beob-

achten kann. Der Spalt war mit einem feinen Scalpell in ein $0^{mm}.04$ dickes Glimmerblättchen geschnitten. Er war $3^{mm}.6$ lang und im Mittel $0^{mm}.017$ breit, sein Querschnitt daher ungefähr $0^{qmm}.061$.

Silbernitrat.

Gehalt an Salz in 100 Lösung	Grenzdichte relativ	Grenzdichte absolut	Grenzdichte / Procentgehalt	Bemerkungen
50 Procent	> 0.700 Amp.	> 11.48 Amp./mm²	—	Starkes Zischen, kein Gas
20	0.420	6.88	0.021	Gas, feinstaubiges Silber wird durch die Flüssigkeit geschleudert
10	0.210	3.44	0.021	Gas, feinstaubiges Silber
5	0.110	1.80	0.022	Gasentwickelung
2	0.032	0.524	0.016	Starke Gasentw., Ag-abscheidung
1	0.0090	0.147	0.009	Gasentw. und Metall
0.5	0.0030	0.049	0.006	» » »
0.1	0.0015	0.0246	0.015	» » »
0.05	0.0009	0.0147	0.018	» » »
0.01	0.0002	0.0041	0.020	» » »

Auf eine nähere Discussion der Zahlen will ich nicht eingehen; doch folgt aus ihnen, dass die Grenzdichte mit dem Procentgehalt abnimmt und in erster Annäherung mit demselben proportional ist.

Wiederholt man nach der jetzt gewonnenen besseren Einsicht und in der Überzeugung, dass man eine nicht durch secundäre Einflüsse hervorgerufene Erscheinung vor sich habe, die Versuche mit Spalten in Glasröhren, so bemerkt man, dass in der That auch dort in sehr verdünnten Lösungen die Ausfällungen rasch und sicher erfolgen. Eine 0.5 procentige Lösung z. B. giebt fast momentan eine Abscheidung feinen Silberpulvers. Wenn bei den Vorversuchen umgekehrt grössere Concentrationen günstiger schienen, so rührte dies wohl wesentlich daher, dass das feine Silberpulver leicht vom Spalt abfällt, vielleicht auch weil die Wirkungen so überraschend schnell eintreten, dass man bei den ersten Beobachtungen daran denken musste, es sei durch eine von den vielen Gelegenheiten, welche sich bieten, etwas Metall an den Spalt geführt worden.

11. Es ist eine überraschende Erscheinung, wenn an der makroskopischen Spalte eines Glimmerblättchens, welches zwei ganz verdünnte Silberlösungen trennt, mit dem Stromschluss fast momentan ein Silberschwamm sich zu bilden beginnt. Es erscheinen am Spalt zuerst schwarze, runde, pilzartig aussehende Fleckchen; diese dringen durch den Riss, während auf der anderen Seite sich neues Silber

ansetzt. Das Metall ist dabei so dunkel, dass man es fast für Superoxyd halten möchte. Lässt man die Metallbildung weitergehen, so entfärbt es sich aber an manchen Punkten und wird mattgrau. Das Gleiche tritt nach Stromöffnung ein.

Diese Änderung hat die folgende Ursache. Die schwarze Ausscheidung ist kein reines Silber; es ist dem Metall vielmehr, wahrscheinlich durch Occlusion, Wasserstoff beigemengt. So lange der Strom das Silber durchsetzt, behält es die durch die Gegenwart des Wasserstoffs bedingte schwarze Farbe. Trennen sich Theile desselben ab, so dass sie aus der Strombahn herauskommen, so tritt (vermuthlich unter Reduction des Nitrates zu Nitrit die Umwandelung in reines Silber ein, die sich durch die Entfärbung bemerklich macht.

Diese Deutung gründet sich auf die Beobachtung, dass die gleichen Farbenwandelungen auch das an der Silberkathode ausgeschiedene Metall durchmacht. Auch dieses ist so auffallend schwarz, dass ich zuerst glaubte, mich in der Stromrichtung getäuscht zu haben. Das Metall ist dabei so stark aufgebläht, dass es oft in der Flüssigkeit schwimmt. Trennt sich ein Ballen desselben ab, so wird er grau. Öffnet man den Strom, so entfärbt sich die Masse und man sieht deutlich, wie die Farbenänderung von aussen nach innen durch den Metallschwamm fortschreitet.[1]

12. Neben den chemischen Zersetzungen hatte ich fortwährend mit fast gleichem Interesse die in einzelnen Fällen beobachteten sonderbaren Lichterscheinungen im Auge behalten, weil ich mich des Gedankens nicht entschlagen konnte, dass es Leuchten durch einen chemischen Process sei, indem etwa die Jonen, welche in den engsten Theilen des Spaltes unter Wirkung des Stromes dissociirt werden, sich wieder vereinigen, sobald sie an breitere Stellen kommen. Sieht man von den Entladungserscheinungen des Inductoriums ab, wo elektrische Funken mitspielen mögen, so war bei constantem Strom ein Leuchten nachzuweisen mir nur bei Silbernitrat gelungen. Die zuletzt beschriebenen Versuche hatten mich belehrt, dass Silber, wie es auch schon von anderen Autoren angegeben ist, thatsächlich energisch Wasserstoff in sich ansammelt. Mit dieser Eigenschaft konnte das Leuchten zusammenhängen, und ich fragte mich, ob ich es nicht bei anderen Stoffen von ähnlichem Verhalten antreffen möchte. Mit Platinchlorid hatte ich zwar früher, als ich zehnprocentige Lösung anwendete, überhaupt keine Abscheidung bemerkt. Vielleicht aber war das Metall gleich vom Spalt abgefallen. Ich griff daher wieder

[1] Vergl. übrigens betreffs einer anderen Auffassung Poggendorff in Pogg. Ann. Bd. 75. S. 337. 1848.

auf diese Substanz zurück, dampfte die Lösung auf etwa $^1/_5$ ein und wiederholte den Versuch. Es trat sofort lebhafte Gasentwickelung auf, der ganze Spalt glühte in einem — durch die gefärbte Lösung gesehen — rothorangefarbenen Licht, und als man nach einiger Zeit das Röhrchen herauszog, fand sich der grösste Theil des Spaltes dicht mit metallischen Nadeln besetzt, welche an dem äusseren Rande fest hafteten. Die nächstgelegene Annahme war, dass das Platin durch den Strom, der sich nach Zehntel Ampère bemaass, glühend geworden sei. Dann sollte der Versuch auch gelingen, wenn man die Platinlösung durch eine ebenso gut leitende andere ersetzte. Es wurde daher das ausgewaschene Röhrchen in verdünnte Schwefelsäure gesetzt und wieder der Strom von 21 Accumulatoren hindurchgeleitet. Der Spalt leuchtete sofort so hell auf, dass man das Licht in mässiger Dämmerung gut sehen konnte. Es ist aber nicht wohl verständlich, warum der Spalt gleich weissglühend werden soll. Es fiel ferner auf, dass das Licht, jetzt durch die farblose Schwefelsäure gesehen, bläulich erschien, an das Fluorescenzlicht des Chininsulfates erinnernd.

Das kleine Quantum Flüssigkeit wurde rasch sehr heiss durch den Strom. Als man die Schwefelsäure durch neue ersetzte und die Versuche mehrfach wiederholte, entstanden allerhand Unregelmässigkeiten. Das Leuchten trat bisweilen gar nicht, bisweilen nur bei Stromschluss blitzartig auf und blieb dann während des ganzen Stromschlusses verschwunden, obschon die Stromstärke keine wesentliche Änderung erfahren hatte. Auch die Stromrichtung schien Einfluss zu haben. Ich will mich kurz fassen: Das Leuchten trat am stärksten auf und blieb während der ganzen Versuchsdauer bestehen, wenn man 1. den Strom von innen nach aussen leitete und 2. die innere (Platin) Elektrode möglichst tief in das Rohr eintauchen liess. Es blieb aus oder trat nur im ersten Moment des Stromschlusses ein, wenn die Innenelektrode ganz oberhalb des Spaltes lag.

Die Erklärung ergiebt sich demnach von selber. Am Platin des Spaltes scheidet der Strom, wo er in das Metall eintritt, Wasserstoff ab, an der Innenelektrode Sauerstoff, der die Flüssigkeit des nur etwa 1 [illegible] weiten Rohres in lebhafte Bewegung setzt. Diese beiden Gase vereinigen sich am Platin unter Lichtentwickelung. Wird die Innenelektrode höher gehoben, so dass sie etwa nur der oberen Spalthälfte gegenüber steht, so erglüht auch nur diese. Hebt man sie noch mehr und lässt den Strom einige Zeit unterbrochen, so vertheilt sich durch Diffusion der Sauerstoff durch den Inhalt des Rohres; bei Stromschluss tritt daher ein erstes Aufblitzen ein, welches aber erlischt, sobald der Sauerstoff verbraucht ist.

Wir haben es also mit einer Lichtentwickelung zu thun, welche gut definirten chemischen Processen entspricht und bei Temperaturen vor sich geht, welche unterhalb 100° liegen. Darin, dass wir die Lichtemission durch den gleichen chemischen Vorgang, die wir gewöhnt sind, nur bei hoher Temperatur auftreten zu sehen, nun auch bei variirbaren niederen Temperaturen verfolgen können, scheint mir das Interesse an diesem Versuch zu liegen.

13. Er klärt uns aber auch über die Natur der Funken auf, welche im Spalt entstehen, wenn eine Silberlösung mittlerer Concentration dem Stromdurchgang unterliegt. Während das Silber einerseits Wasserstoff bei seiner Ausscheidung einschliesst, bildet sich andererseits da, wo der Strom einen Silberfaden verlässt, Sauerstoffgas. Wenn diese Sauerstoffbläschen bei ihrer scheinbar ganz unregelmässigen Bewegung durch den Spalt eine Schicht Silberwasserstoff überstreichen, so tritt auch hier diese chemische Phosphorescenz ein. Das sind die wandernden Fünkchen im Spalte. Es stimmt mit dieser Erklärung überein, dass der Funke immer da auftritt, wo man im Hellen ein Gasbläschen bemerkt.

14. Ich habe im Vorstehenden von jedem Erklärungsversuche noch Abstand genommen. Denn wenn auch die Zahl der Beobachtungen, aus denen ich die mitgetheilten herausgegriffen habe, nicht unbeträchtlich ist, so verkenne ich doch durchaus nicht, dass sie uns erst an den Anfang einer umsichtigen Untersuchung geführt haben. Auch darüber, ob die hier mitgetheilten Erscheinungen mit den von A. und E. Becquerel wiederholt beschriebenen »electrocapillaren Reactionen« in Beziehung stehen, möchte ich noch gar keine Vermuthung aussprechen. Ebenso sehe ich auch von Folgerungen ab. Wie weit die Thatsachen im Gebiete der Mineralogie zur Erklärung metallischer Abscheidungen, wie weit sie für die biologischen Wissenschaften Bedeutung gewinnen können, sind alles Fragen, auf welche man zweckmässiger Weise erst wird eingehen, wenn genauer festgestellt ist, wie die Erscheinungen selber von der Natur der Stoffe und den geometrischen Verhältnissen ihres Bildungsortes bedingt sind, und wenn wir im Anschlusse daran eine gut begründete Anschauung über den Vorgang selber gewonnen haben. Ich hoffe bald weitere Mittheilungen machen zu können.

Ausgegeben am 27. November.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1890.
XLVIII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

27. November. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. E. du Bois-Reymond.

1. Hr. Kronecker las über algebraische Reduction der Schaaren bilinearer Formen.

2. Hr. Landolt legte eine dritte Abhandlung des Hrn. Prof. Oscar Liebreich über den todten Raum bei chemischen Reactionen vor.

3. Hr. Möbius berichtete über die mit Unterstützung der Akademie ausgeführten Untersuchungen des Hrn. Dr. F. Dahl in Kiel über die Thierwelt der Unterelbe.

4. Hr. Schulze übergab einen Beitrag zur Entwickelung der Affen von Hrn. Emil Selenka in Erlangen.

Die Mittheilungen 1., 2., 4. folgen umstehend, die Mittheilung 3. wird anderswo veröffentlicht werden.

Algebraische Reduction der Schaaren bilinearer Formen.

Von L. Kronecker.

Die vorliegende Arbeit schliesst sich, dem Gegenstande wie der Behandlungsweise nach, in den ersten beiden Paragraphen, welche die Reduction beliebiger Schaaren bilinearer Formen mit verschwindender Determinante enthalten, an meine im Monatsbericht vom Mai 1868 veröffentlichte Mittheilung an, und in den folgenden Paragraphen, in welchen das vollständige Invariantensystem für die allgemeinsten Schaaren bilinearer Formen — ohne jede Ausnahme — entwickelt wird, an meinen Aufsatz über die congruenten Transformationen der bilinearen Formen, welcher auf S. 397—447 der Monatsberichte aus dem Jahre 1874 abgedruckt ist.

Ich habe die Arbeit im November 1874, also schon vor 16 Jahren, verfasst, aber damals nicht publicirt, weil ich während der Abfassung die Mängel der dabei angewendeten analytisch-algebraischen Methoden und in Folge dessen das Bedürfniss einer rein arithmetischen Behandlung des Problems lebhafter empfand. Nachdem ich aber, vor einiger Zeit, in der arithmetischen Theorie der Schaaren bilinearer Formen zu befriedigenden Resultaten, welche ich nächstens der Akademie vorlegen werde, gelangt bin, nehme ich nicht mehr Anstand, diese meine ältere Arbeit über die algebraische Reduction der Schaaren bilinearer Formen zu veröffentlichen, zumal dadurch auch die Vergleichung mit der neueren arithmetischen Reduction ermöglicht wird.

Aus der Abhandlung, welche Hr. Weierstrass in der Classensitzung vom 18. Mai 1868 gelesen hat, ist zu entnehmen, dass jede Schaar bilinearer Formen:

$$\sum_{i,k} (ua_{ik} + vb_{ik}) x_i y_k \qquad (i, k = 1, 2, 3, \ldots r),$$

bestimmt sind, so wird die Schaar $u\phi + v\psi$, oder, was dasselbe ist:

$$\sum_{k=1}^{k=r} (u\phi'_k + v\psi'_k)\, x'_k,$$

in eine Schaar von folgender Gestalt transformirt:

$$\sum_{h=1}^{h=m} (ux'_{h-1} + vx'_h)\, \mathfrak{y}_h + \sum_{k=1}^{k=r} \sum_{p=m+1}^{p=r} (ua_{pk} + vb_{pk})\, x'_p \mathfrak{y}_k,$$

welche endlich durch die Substitution:

$$\mathfrak{x}_0 = x'_0 + \sum_p a_{p1} x'_p, \quad \mathfrak{x}_h = x'_h + \sum_p b_{ph} x'_p, \quad \mathfrak{x}_p = x'_p$$

$$(h = 1, 2, \ldots m; \; p = m+1, m+2, \ldots r)$$

in:

$$(\mathfrak{S}) \qquad \sum_{h=1}^{h=m} (u\mathfrak{x}_{h-1} + v\mathfrak{x}_h)\, \mathfrak{y}_h + u \sum_{h=2}^{h=m} \mathfrak{f}_h \mathfrak{y}_h + u\Phi + v\Psi$$

übergeht, wo $\mathfrak{f}_2, \mathfrak{f}_3, \ldots \mathfrak{f}_m$ lineare Functionen von $\mathfrak{x}_{m+1}, \mathfrak{x}_{m+2}, \ldots \mathfrak{x}_r$ und Φ, Ψ bilineare Functionen der Veränderlichen:

$$\mathfrak{x}_p, \mathfrak{y}_q \qquad (m < p \leq r;\; m < q \leq s)$$

bedeuten. Denkt man sich nun von vorn herein die beiden Grundformen der Schaar so ausgewählt, dass jede der von Null verschiedenen Subdeterminanten von $u\phi + v\psi$ auch für $v = 0$ einen von Null verschiedenen Werth behält, so ist zu zeigen, dass $u\phi + v\psi$ oder $(\mathfrak{S})$ in die Reducirte:

$$\sum_{\mu,\nu} \left\{ (u + w^{(\nu)} v)\, \Phi_\mu^{(\nu)} + v \Psi_\mu^{(\nu)} \right\} \qquad (\mu, \nu = 1, 2 \ldots)$$

zu transformiren ist.

Der letzte Theil von $(\mathfrak{S})$, nämlich $u\Phi + v\Psi$, enthält nur $r - m$ Variabeln $\mathfrak{x}$ und nur $s - m$ Variabeln $\mathfrak{y}$; es kann daher die Möglichkeit der Reduction der Schaar $u\Phi + v\Psi$ schon vorausgesetzt werden. Bei der dazu erforderlichen Transformation gehen die Veränderlichen $\mathfrak{x}_p$ in gewisse Variable X über, und $\mathfrak{f}_2, \mathfrak{f}_3, \ldots \mathfrak{f}_m$ werden alsdann lineare Functionen eben dieser Variabeln X allein. Wenn nämlich noch irgend eine Veränderliche $\mathfrak{x}_p$ in den Functionen $\mathfrak{f}$ zurückbliebe, so würde zwischen den $m + 1$ nach $\mathfrak{x}_1, \mathfrak{x}_2, \ldots \mathfrak{x}_m, \mathfrak{x}_p$ genommenen partiellen Ableitungen der Schaar $(\mathfrak{S})$, welche sämmtlich lineare Functionen von $\mathfrak{y}_1, \mathfrak{y}_2, \ldots \mathfrak{y}_m$ sind, durch Elimination dieser m Veränderlichen $\mathfrak{y}$ eine Gleichung entstehen, deren Coefficienten — der obigen Voraussetzung entgegen — ganze Functionen $(m-1)$ten Grades von $\frac{u}{v}$ wären.

Setzt man jetzt noch:

$$m = e - 1, \quad \mathfrak{x}_0 = X_{e-1}, \quad \mathfrak{x}_k = X_{e-k-1}, \quad \mathfrak{y}_k = Y_{k-1} \qquad (k = 1, 2, \ldots m),$$

so verwandelt sich die Schaar ($\mathfrak{S}$) in:

$$\text{(S)} \qquad u\sum_{h=1}^{h=e-2} F_h Y_h + u\Phi^0 + v\Psi^0 + \sum_{\mu,\nu}\left\{(u+w^{(\nu)}v)\Phi_\mu^{(\nu)} + v\Psi_\mu^{(\nu)}\right\} \qquad (\mu,\nu = 1,2,\ldots),$$

wo:

$$\Phi^0 = \sum_k X_k Y_{e-k-1}, \qquad \Psi^0 = \sum_k X_{k-1} Y_{e-k-1} \qquad (k=1,2,\ldots e-1),$$

$$\Phi_\mu^{(\nu)} = \sum_{\varkappa,\lambda} X_{\varkappa\mu}^{(\nu)} Y_{\lambda\mu}^{(\nu)}, \qquad \Psi_\mu^{(\nu)} = \sum_{\varkappa,\lambda} X_{\varkappa\mu}^{(\nu)} Y_{\lambda\mu}^{(\nu)}$$

$$(\varkappa+\lambda = e_\mu^{(\nu)}-1;\ \varkappa = 0,1,\ldots e_\mu^{(\nu)}-1) \qquad (\varkappa+\lambda = e_\mu^{(\nu)}-2;\ \varkappa = 0,1,\ldots e_\mu^{(\nu)}-2)$$

ist, und $F_1, F_2, \ldots F_{e-2}$ homogene lineare Functionen der Variabeln $X_{\varkappa\mu}^{(\nu)}$ bedeuten.

Für $m = r-1$, d. h. für den Fall, dass der Grad der Gleichung (A) nur um eine Einheit kleiner ist als die Anzahl der Variabeln x, fällt der erste und der letzte Theil von (S) fort, und es bleibt nur die reducirte Schaar $u\Phi^0 + v\Psi^0$. Im Allgemeinen aber unterscheidet sich die Schaar (S) von einer Reducirten noch durch den ersten Theil $u\sum F_h Y_h$, und es ist nunmehr zu zeigen, wie dieser durch weitere Transformation der Variabeln X, Y wegzuschaffen ist.

II.

Wenn F_h das Glied $C_h X_{\varkappa\mu}^{(\nu)}$ enthält und $X_{\varkappa\mu}^{(\nu)}$ eine derjenigen Variabeln ist, welche in dem mit u multiplicirten Theile von (S) vorkommen, so fällt bei der Substitution:

$$X_k = \mathfrak{X}_k + C_h(w^{(\nu)}X_{\varkappa\mu}^{(\nu)} + X_{\varkappa-1,\mu}^{(\nu)}), \quad Y_{\lambda\mu}^{(\nu)} = \mathfrak{Y}_{\lambda\mu}^{(\nu)} - C_h Y_h$$
$$(k = e-h-2,\ \lambda = e_\mu^{(\nu)} - \varkappa - 1)$$

eben jenes Glied $C_h X_{\varkappa\mu}^{(\nu)}$ aus F_h weg, und im Übrigen bleibt die Form der Schaar (S) erhalten, nur dass für $h < e-2$ der Ausdruck:

$$F_{h+1} + w^{(\nu)} C_h X_{\varkappa\mu}^{(\nu)} + C_h X_{\varkappa-1,\mu}^{(\nu)}$$

an Stelle von F_{h+1} tritt. Auf diese Weise sind also nach einander aus $F_1, F_2, \ldots F_{e-2}$ die sämmtlichen Glieder $C_h X_{\varkappa\mu}^{(\nu)}$ wegzuschaffen, und es können alsdann nur solche Variabeln X darin zurückbleiben, welche ausschliesslich in dem mit v multiplicirten Theile von (S) enthalten sind, d. h. nur Variabeln $X_{0\mu}^{(\nu)}$, für welche $w^{(\nu)}$ und zugleich dasjenige Y gleich Null ist, dessen erster unterer Index $e_\mu^{(\nu)}-1$ ist. Aber auch zur Beseitigung jeder einzelnen dieser Variabeln $X_{0\mu}^{(\nu)}$ ist eben dasselbe Transformations-Verfahren zu gebrauchen, welches oben zur Wegschaffung der Variabeln $X_{\varkappa\mu}^{(\nu)}$ gedient hat. Denn wenn $X_{0\mu}^{(\nu)}$ in F_h mit

dem Coefficienten C_h multiplicirt vorkommt, so wird durch die Substitution:

$$X_\varrho = \mathfrak{X}_\varrho - C_h X^{(\nu)}_{\sigma\mu},\ Y^{(\nu)}_{\lambda\mu} = \mathfrak{Y}^{(\nu)}_{\lambda\mu} + C_h Y_{h-\varkappa} \qquad \begin{pmatrix}\sigma=0,1,\ldots h;\ \varrho-\sigma=e-h-1\\ \varkappa=1,2,\ldots h;\ \varkappa+\lambda=e^{(\nu)}_\mu-1\end{pmatrix}$$

das Glied $C_h X^{(\nu)}_{0\mu}$ in Wegfall gebracht. Dabei dürfen natürlich die mit λ bezeichneten vorderen Indices nicht negativ werden. Nun ist $h \leqq e-2$; die Indices λ sind also grösser als die Differenz $e^{(\nu)}_\mu - e$, und dass diese nicht negativ sein kann, geht aus folgender Betrachtung hervor. Zwischen den Ableitungen der Schaar (S) besteht, wenn darin, wie jetzt vorausgesetzt worden, die linearen Functionen F_h die Variable $X^{(\nu)}_{0\mu}$ mit den Coefficienten C_h multiplicirt enthalten, und wenn:

$$v = -uw$$

gesetzt wird, die Gleichung:

$$\sum_h C_h \sum_k w^k \frac{\partial S}{\partial X_{m+k-h}} = \sum_\varkappa w^\varkappa \frac{\partial S}{\partial X^{(\nu)}_{\varkappa\mu}} \qquad \begin{pmatrix}h=1,2,\ldots e-2\\ k=0,1,\ldots h\\ \varkappa=0,1,\ldots e^{(\nu)}_\mu-1\\ m=e-1\end{pmatrix},$$

und der Grad des Ausdrucks auf der rechten Seite, in Beziehung auf w, ist gleich $e^{(\nu)}_\mu - 1$, auf der linken Seite aber kleiner als $e-1$. Es würde daher, wenn $e > e^{(\nu)}_\mu$ wäre, der Grad der ganzen Gleichung — der oben gemachten Voraussetzung zuwider — kleiner als $e-1$ oder m sein.

III.

Sind φ und ψ, wie zu Anfang von art. I, zwei ganz beliebige bilineare Functionen von r Variabeln x und s Variabeln y, und ist t irgend eine Grösse von der Beschaffenheit, dass jede der von Null verschiedenen Determinanten, welche aus den Elementen:

$$\frac{\partial^2(u\varphi + v\psi)}{\partial x_i\, \partial y_k} \qquad (i=1,2,\ldots r;\ k=1,2,\ldots s)$$

gebildet werden können, auch für $tu+v=0$ einen von Null verschiedenen Werth behält, so ist nach Inhalt der vorstehenden Entwickelungen:

$$\varphi - t\psi = \sum_{\mu,\nu} \Phi^{(\nu)}_\mu,\ \psi = \sum_{\mu,\nu} (w^{(\nu)} \Phi^{(\nu)}_\mu + \Psi^{(\nu)}_\mu) \qquad (\mu,\nu=1,2,\ldots).$$

Es gehen also die beiden mit φ, ψ bezeichneten Functionen der Variabeln x, y gleichzeitig in zwei bilineare Functionen der Variabeln X, Y über:

$$\sum_{\mu,\nu} (v^{(\nu)} \Phi^{(\nu)}_\mu + t\Psi^{(\nu)}_\mu),\ \sum_{\mu,\nu} (-u^{(\nu)} \Phi^{(\nu)}_\mu + \Psi^{(\nu)}_\mu), \qquad (\mu,\nu=1,2,\ldots),$$

wo:

$$\Phi_\mu^{(\nu)} = \sum_{\varkappa,\lambda} X_{\varkappa\mu}^{(\nu)} Y_{\lambda\mu}^{(\nu)} \qquad (\varkappa + \lambda = e_\mu^{(\nu)} - 1,\ \varkappa = 0, 1, \ldots e_\mu^{(\nu)} - 1),$$

$$\Psi_\mu^{(\nu)} = \sum_{\varkappa,\lambda} X_{\varkappa\mu}^{(\nu)} Y_{\lambda\mu}^{(\nu)} \qquad (\varkappa + \lambda = e_\mu^{(\nu)} - 2,\ \varkappa = 0, 1, \ldots e_\mu^{(\nu)} - 2),$$

$$u^{(\nu)} = -w^{(\nu)},\ v^{(\nu)} = 1 + tw^{(\nu)},\ tu^{(\nu)} + v^{(\nu)} = 1$$

ist. Das System der beiden Formen $[\varphi, \psi]$ oder das »Formenpaar« $[\varphi, \psi]$ wird auf diese Weise in ein »reducirtes« $[\Phi, \Psi]$ transformirt, welches sich als ein Aggregat von lauter »elementaren« reducirten Formenpaaren:

$$[v^{(\nu)}\Phi_\mu^{(\nu)} + t\Psi_\mu^{(\nu)},\ -u^{(\nu)}\Phi_\mu^{(\nu)} + \Psi_\mu^{(\nu)}] \qquad (\mu, \nu = 1, 2, \ldots)$$

darstellt. Diese elementaren Formenpaare sind in zwei Arten zu scheiden, je nachdem die Anzahl der Variabeln beider Reihen dieselbe ist oder nicht, und die zweite Art der Formensysteme zerfällt wiederum in zwei Abtheilungen, da bei denselben die Anzahl der Variabeln X entweder um eine Einheit grösser oder um eine Einheit kleiner als die der Variabeln Y ist. Bezeichnet man die Anzahl der X in den drei unterschiedenen Fällen bez. mit $e, e, e-1$, so wird die Anzahl der Y bez. $e, e-1, e$ und die Gesammtanzahl n der Variabeln X und Y ist für die erste Art gleich $2e$, für die zweite gleich $2e-1$. Ferner wird die Determinante der zugehörigen Schaar:

$$u(v^{(\nu)}\Phi_\mu^{(\nu)} + t\Psi_\mu^{(\nu)}) + v(-u^{(\nu)}\Phi_\mu^{(\nu)} + \Psi_\mu^{(\nu)})$$

für die erste Art gleich der $e$ten oder $\frac{1}{2}n$ten Potenz von $uv^{(\nu)} - vu^{(\nu)}$, für die zweite aber identisch gleich Null. Für die erste Abtheilung der zweiten Art besteht zwischen den nach den verschiedenen Variabeln X genommenen Ableitungen der Schaar eine lineare Relation, deren Coefficienten ganze homogene Functionen von u, v sind, und zwar von der Dimension $(e-1)$ oder $\frac{1}{2}(n-1)$. Die bezüglichen Formenpaare sind daher nach art. I durch:

$$\left[\sum_{\varkappa,\lambda} X_{\varkappa\mu}^{0} Y_{\lambda\mu}^{0},\ \sum_{\varkappa,\lambda} X_{\varkappa-1,\mu}^{0} Y_{\lambda\mu}^{0}\right] \qquad (0 < \varkappa < e_\mu^0;\ \varkappa + \lambda = e_\mu^0 - 1)$$

zu repraesentiren und die Formenpaare der zweiten Abtheilung in derselben Weise durch:

$$\left[\sum_{\varkappa,\lambda} \overline{X}_{\varkappa\mu}^{0} \overline{Y}_{\lambda\mu}^{0},\ \sum_{\varkappa,\lambda} \overline{X}_{\varkappa\mu}^{0} \overline{Y}_{\lambda-1,\mu}^{0}\right] \qquad (0 < \varkappa < \overline{e}_\mu^0;\ \varkappa + \lambda = \overline{e}_\mu^0 - 1).$$

Derlei Formenpaare sind also durch die Anzahl der darin enthaltenen Variabeln X, Y, d. h. durch die Zahlen

$$n_\mu^0 \text{ oder } 2e_\mu^0 - 1 \text{ und bez. } \overline{n}_\mu^0 \text{ oder } 2\overline{e}_\mu^0 - 1$$

bestimmt, während es zur Bestimmung eines elementaren redu-

cirten Formenpaares der ersten Art ausser der Anzahl der darin enthaltenen Variabeln $n_\mu^{(\nu)}$ oder $2e_\mu^{(\nu)}$ nur noch des Werthes von t und desjenigen des Verhältnisses $u^{(\nu)}:v^{(\nu)}$ bedarf, da $tu^{(\nu)}+v^{(\nu)}=1$ ist. Ein beliebiges reducirtes Formenpaar $[\Phi, \Psi]$ ist demgemäss, als Aggregat von elementaren, durch die Werthverhältnisse $u^{(\nu)}:v^{(\nu)}$ und die zugehörigen geraden Zahlen $n_\mu^{(\nu)}$ sowie durch die Reihe der ungeraden Zahlen n_μ^0 und $\bar{n}_\mu^0$ vollständig charakterisirt, wenn t als gegeben angenommen wird. Aber diese charakteristischen Grössen und Zahlen haben nicht bloss jene formale Bedeutung, welche an die äussere Gestalt der reducirten Formenpaare anknüpft, sondern sie können auch unabhängig davon in einer für alle Formenpaare gültigen Weise definirt werden und erhalten dabei eine höhere und wesentlichere Bedeutung, welche im Folgenden dargelegt werden soll.

IV.

Es sei $[\phi, \psi]$ ein beliebiges Paar bilinearer Formen von r Variabeln x und s Variabeln y, ferner sei τ die grösste Zahl, welche die Eigenschaft hat, dass nicht alle aus den Coefficienten von $u\phi+v\psi$ zu bildenden Determinanten der Ordnung τ identisch gleich Null werden. Alsdann bestehen zwischen den r Ableitungen von $u\phi+v\psi$ nach $x_1, x_2, \ldots x_r$ genau $r-\tau$ von einander unabhängige lineare Relationen und ebenso zwischen den s Ableitungen nach $y_1, y_2, \ldots y_s$ genau $s-\tau$ von einander unabhängige lineare Relationen, deren Coefficienten ganze homogene Functionen von u und v sind. Denkt man sich nun beide Arten von Relationen so gewählt, dass ihre Dimensionen in Beziehung auf u und v, welche bez. durch:

$$m_1, m_2, \ldots m_\rho \qquad (\rho = r-\tau)$$

$$\bar{m}_1, \bar{m}_2, \ldots \bar{m}_\sigma \qquad (\sigma = s-\tau)$$

bezeichnet werden sollen, möglichst klein werden, so sind diese Zahlen m und $\bar{m}$ für jedes Formenpaar $[\phi, \psi]$ völlig bestimmt und bleiben auch bei linearer Transformation desselben ungeändert. Bedeuten endlich $u':v'$, $u'':v''$, ... alle diejenigen Werthverhältnisse von $u:v$, für welche die sämmtlichen aus den Coefficienten von $u\phi+v\psi$ zu bildenden Determinanten τter Ordnung verschwinden, und geben die Zahlen:

$$l'_\mu, l''_\mu, \ldots \qquad (\mu = 1, 2, \ldots \tau)$$

an, wie vielmal der bezügliche Linearfactor:

$$uv'-vu', \; uv''-vu'', \ldots$$

in sämmtlichen Determinanten μter Ordnung enthalten ist, so

auch die Verhältnisse $u^{(\nu)} : v^{(\nu)}$ und die Zahlen $l_\mu^{(\nu)}$ Invarianten des Formenpaares $[\phi, \psi]$, und zwar in dem Sinne, dass sie bei jeder simultanen linearen Transformation der beiden bilinearen Functionen ϕ, ψ ungeändert bleiben. Hiernach hat man, wenn noch

$$2\,m_\varkappa + 1 = n^0_{\varkappa+\tau}, \quad 2\,\bar{m}_\lambda + 1 = \bar{n}^0_{\lambda+\tau} \qquad (1 \leqq \varkappa \leqq \rho, 1 \leqq \lambda \leqq \sigma),$$

$$l_\mu^{(\nu)} = n_1^{(\nu)} + n_2^{(\nu)} + \ldots + n_\mu^{(\nu)} \qquad (1 \leqq \mu \leqq \tau)$$

gesetzt wird, in den Grössen $u^{(\nu)}$, $v^{(\nu)}$ sowie in den Zahlen n eine Reihe von Invarianten des Formenpaares $[\phi, \psi]$, welche in folgender Weise schematisch zusammenzustellen sind:

(3)

$u : v =$	
$0 : 0$	$0, 0, \ldots 0, n^0_{\tau+1}, \ldots n^0_r$
$0 : 0$	$0, 0, \ldots 0, \bar{n}^0_{\tau+1}, \ldots \bar{n}^0_\varkappa$
$u' : v'$	$n'_1, n'_2, \ldots n'_\tau$
$u'' : v''$	$n''_1, n''_2, \ldots n''_\tau$
$\vdots$	$\vdots \quad \vdots \quad \vdots$

und es ist nun mit Hülfe der reducirten Formenpaare zu zeigen, dass dieses Schema das vollständige Invariantensystem enthält.[1]

Ist $[\Phi, \Psi]$ das reducirte Formenpaar von $[\phi, \psi]$, und ist die Anzahl der in $[\Phi, \Psi]$ vorkommenden Variabeln X gleich r', die der Variabeln Y gleich s', also $r' \leqq r$, $s' \leqq s$, so kann man $[\Phi, \Psi]$ auch als ein Paar bilinearer Formen von r Variabeln X und s Variabeln Y auffassen, welches von $r - r'$ Grössen X und $s - s'$ Grössen Y unabhängig ist. Es werden daher in dem zu $[\Phi, \Psi]$ gehörigen Invariantensystem genau $r - r'$ Zahlen n^0 und $s - s'$ Zahlen $\bar{n}^0$ gleich Eins, während die übrigen Zahlen n^0 und $\bar{n}^0$ bez. mit denjenigen identisch werden, welche im art. III definirt worden sind. Ebenso stimmen die im Invariantensystem vorkommenden Werthverhältnisse $u^{(\nu)} : v^{(\nu)}$ mit denen des art. III überein, und die zugehörigen Zahlen:

$$n_1^{(\nu)}, n_2^{(\nu)}, \ldots n_\tau^{(\nu)}$$

erhält man aus den im art. III mit $n_\mu^{(\nu)}$ bezeichneten Zahlen, wenn man diese ihrer Grösse nach geordnet im Schema (3) für die letzten Zahlen $n^{(\nu)}$ nimmt und die übrigbleibenden ersten Zahlen $n^{(\nu)}$ gleich Null setzt. Wird die Anzahl der Zahlen $n_\mu^{(\nu)}$ des art. III mit α bezeichnet, so ergeben diese hiernach die Werthe von:

$$n^{(\nu)}_{\tau-\alpha+1}, n^{(\nu)}_{\tau-\alpha+2}, \ldots n^{(\nu)}_\tau$$

[1] Betreffs der Natur von derartigen Invariantensystemen verweise ich auf die Erörterungen am Schlusse meiner Arbeit »über die congruenten Transformationen der bilinearen Formen« §. 3. VI. Monatsberichte vom Jahre 1874, S. 444 ff., S. 50 ff. der Separatabdrücke.

im Schema ($\mathfrak{J}$), und zwar so, dass stets $n_k^{(\nu)} \leqq n_{k+1}^{(\nu)}$ ist, während die Werthe von:

$$n_1^{(\nu)}, n_2^{(\nu)}, \ldots . n_{\tau-\alpha}^{(\nu)}$$

sämmtlich gleich Null sind.

Hiermit ist die anderweite, für beliebige Formenpaare $[\phi, \psi]$ gültige Bedeutung jener Grössen und Zahlen $u^{(\nu)}$, $v^{(\nu)}$, n dargelegt, welche im art. III nur für reducirte Formenpaare definirt waren, und es hat sich dabei gezeigt, dass eben diese Grössen und Zahlen in ihrer anderen Bedeutung die Eigenschaft haben, Invarianten der bezüglichen Formenpaare zu sein. Es ist aber schon oben am Schlusse von art. III hervorgehoben, dass die Grössen und Zahlen $u^{(\nu)}$, $v^{(\nu)}$, n oder also, wie sie jetzt bezeichnet werden können, die im Schema ($\mathfrak{J}$) enthaltenen Invarianten, für ein reducirtes Formenpaar $[\Phi, \Psi]$ durchaus charakteristisch sind und dasselbe vollkommen bestimmen, wenn nur die darin vorkommende Grösse t als gegeben angenommen wird. Die Reduction zweier Formenpaare $[\phi, \psi]$, $[\phi', \psi']$, denen ein und dasselbe Invariantensystem ($\mathfrak{J}$) angehört, muss also auf ein und dasselbe reducirte Formenpaar $[\Phi, \Psi]$ führen, sobald die Grösse t in beiden Fällen identisch gewählt wird; und dies ist stets möglich, da die Wahl von t nur durch ausschliessende Bedingungen eingeschränkt ist. Hieraus folgt als Endresultat, dass für die gegenseitige Transformirbarkeit zweier Formenpaare die Identität der beiderseitigen Invariantensysteme ($\mathfrak{J}$) nicht bloss eine nothwendige, sondern auch eine hinreichende Bedingung ist, und dass das in dem Schema ($\mathfrak{J}$) zusammengestellte Invariantensystem daher als ein vollständiges bezeichnet werden kann.

Die Reihenfolge der Entwickelungen, wie sie hier gegeben worden, ist gerade entgegengesetzt derjenigen des schon oben citirten WEIERSTRASS'schen Aufsatzes vom Jahre 1868; denn die Grössen und Zahlen $u^{(\nu)}$, $v^{(\nu)}$, $n^{(\nu)}$, welche darin allein auftreten,[1] werden dort zuerst in ihrem höheren Sinne eingeführt, und ihre formale Bedeutung für die reducirten Formenpaare wird erst nachher dargelegt. Dies ist, rein sachlich genommen, sicher vorzuziehen, und ich habe auch bei einer analogen Untersuchung[2] eben diese natürliche Reihenfolge der Erörterungen festgehalten.

Aber die umgekehrte Schlussweise, wie sie oben und auch schon in meinem Aufsatze vom Jahre 1868 angewendet worden ist,[3] gewährt

[1] Die WEIERSTRASS'sche Arbeit behandelt die Transformation solcher Paare bilinearer Formen, für welche die Determinante der zugehörigen Schaar von Null verschieden ist, d. h. solche, bei denen die Zahlen n^0, $\bar{n}^0$ gänzlich fehlen.

[2] Vergl. §. 3 meiner Arbeit »über die congruenten Transformationen der bilinearen Formen« S. 432 etc. der Monatsberichte vom Jahre 1874.

[3] Vergl. Monatsbericht vom Mai 1868, S. 340—343, art. I.

den formalen Vortheil grösserer Einfachheit; denn die Herleitung der verschiedenen Eigenschaften von Paaren bilinearer oder quadratischer Formen wird wesentlich erleichtert, wenn die Entwickelung mit der Reduction beginnt und also dann gleich an die vereinfachte Gestalt der Formenpaare anknüpfen kann.[1] So ergiebt sich auf dem oben eingeschlagenen Wege ganz unmittelbar, dass die Summe der Invarianten n für ein beliebiges Formenpaar $[\phi, \psi]$ genau gleich der Gesammtanzahl der Variabeln, d. h. nach der obigen Bezeichnungsweise gleich $r+s$ ist. Denn wenn die Anzahl der in $[\Phi, \Psi]$ vorkommenden Variabeln X, Y durch die Zahlen e ausgedrückt wird, so kommt:

$$\left.\begin{aligned} r' &= \sum_{\mu,\nu} e_\mu^{(\nu)} + \sum_\mu e_\mu^0 + \sum_\mu (\bar{e}_\mu^0 - 1) \\ s' &= \sum_{\mu,\nu} e_\mu^{(\nu)} + \sum_\mu (e_\mu^0 - 1) + \sum_\mu \bar{e}_\mu^0 \end{aligned}\right\} \qquad (\mu, \nu = 1, 2 \ldots),$$

also, da:

$$2e_\mu^{(\nu)} = n_\mu^{(\nu)}, \; 2e_\mu^0 - 1 = n_\mu^0, \; 2\bar{e}_\mu^0 - 1 = \bar{n}_\mu^0$$

ist, und den Zahlen $n^0, \bar{n}^0$ noch $r-r'$ Zahlen $n^0 = 1$ und $s-s'$ Zahlen $\bar{n}^0 = 1$ hinzutreten:

$$\left.\begin{aligned} 2r &= \sum_{\mu,\nu} n_\mu^{(\nu)} + \sum_\mu (n_\mu^0 + 1) + \sum_\mu (\bar{n}_\mu^0 - 1) \\ 2s &= \sum_{\mu,\nu} n_\mu^{(\nu)} + \sum_\mu (n_\mu^0 - 1) + \sum_\mu (\bar{n}_\mu^0 + 1) \end{aligned}\right\} \qquad (\mu, \nu = 1, 2 \ldots).$$

Hieraus geht hervor, dass in der That die Summe $r+s$ gleich der Summe aller Zahlen n ist, und es folgt überdiess, dass der Überschuss der Anzahl der Variabeln x über diejenige der y mit dem Überschusse der Anzahl der Zahlen n^0 über diejenige der Zahlen $\bar{n}^0$ übereinstimmt, d. h. dass $r-s = \rho-\sigma$ ist. — Auch die schon oben erwähnte Eigenschaft der Zahlen $n^{(\nu)}$, nämlich dass stets:

$$m_{k+1}^{(\nu)} \geqq m_k^{(\nu)}$$

ist, tritt bei den reducirten Formenpaaren in Evidenz, und es folgt daraus für die im art. IV definirten Zahlen $l_\mu^{(\nu)}$, dass keine derselben grösser sein kann, als das Mittel aus den beiden benachbarten.[2]

V.

Die Invarianten einer Schaar $u\phi + v\psi$ können unmittelbar aus denen des Formenpaars $[\phi, \psi]$ hergeleitet werden; denn dem Begriffe

[1] Vergl. Monatsbericht vom März 1874, S. 206 und S. 34 der Separatabdrücke.

[2] Vergl. die Anmerkung in der mehrfach citirten Weierstrass'schen Abhandlung. Monatsbericht vom Mai 1868, S. 330.

der Schaar gemäss hat man nur noch von dem Unterschied zweier Formenpaare:

$$[\varphi, \psi], \quad [a\varphi + b\psi, c\varphi + d\psi]$$

zu abstrahiren, wenn a, b, c, d irgend welche Constanten bedeuten, für die $ad - bc$ nicht verschwindet. In Folge dessen sind aus den Werthverhältnissen:

$$u' : v', \; u'' : v'', \; u''' : v''', \ldots,$$

welche die äussere Rubrik des Invariantenschemas von $[\varphi, \psi]$ enthält, die Ausdrücke:

$$(\Omega^{(\nu)}) \qquad \frac{(u'v'' - u''v')\,(u'''v^{(\nu)} - u^{(\nu)}v''')}{(u'v''' - u'''v')\,(u''v^{(\nu)} - u^{(\nu)}v'')} \qquad (\nu = 4, 5 \ldots)$$

zu bilden, und diese constituiren zusammen mit den das Innere des Invariantenschemas erfüllenden Zahlen n ein vollständiges System von Invarianten der Schaar $u\varphi + v\psi$. Ist die Anzahl der Werthverhältnisse $u' : v'$, $u'' : v''$, ... kleiner als *vier*, so giebt es keine Grössen Ω, es fallen also diese Invarianten der ersten Art gänzlich weg, und es bleiben einzig und allein die Zahlen n als Invarianten der Schaar zurück.

Der grösste gemeinsame Theiler sämmtlicher Determinanten μter Ordnung, welche aus den Coefficienten von $u\varphi + v\psi$ gebildet werden können, ist:

$$(uv' - vu')^{l'_\mu}\,(uv'' - vu'')^{l''_\mu} \ldots,$$

und die Classe binärer Formen, zu welcher diese homogene Function von u, v gehört, kann durch die binäre Form von U, V:

$$(\mathrm{K}_\mu) \qquad (U - V)^{l'_\mu}\, V^{l''_\mu}\, U^{l'''_\mu} \prod_\nu (U - V\Omega^{(\nu)})^{l^{(\nu)}_\mu} \qquad (\mu = 1, 2, \ldots)$$

repraesentirt werden, die aus der ersteren durch die Substitution:

$$U = \frac{uv''' - vu'''}{u'v''' - v'u'''}, \quad V = \frac{uv'' - vu''}{u'v'' - v'u''}$$

entsteht. Da überdiess $l^{(\nu)}_\mu = n^{(\nu)}_1 + n^{(\nu)}_2 + \ldots + n^{(\nu)}_\mu$ ist, so sind daher die Invarianten $\Omega^{(\nu)}$ und $n^{(\nu)}_\mu$ eben sowohl nothwendig als hinreichend, um die binären Formen (K_μ) zu bestimmen und die dadurch repraesentirten »determinirenden Formenclassen« zu ersetzen.[1]

---

[1] Wegen des Begriffs der determinirenden Formenclassen verweise ich auf meine Mittheilung vom 19. Januar 1874 S. 59 ff. des Monatsberichts.

Dritte Abhandlung über den todten Raum bei chemischen Reactionen.

Von Prof. Oscar Liebreich.

(Vorgelegt von Hrn. Landolt.)

§. 1. In einer früheren Mittheilung[1] wurde gezeigt, dass bei der Bildung von Chloroform durch Einwirkung von Natriumcarbonat auf Chloralhydrat, sowie bei der Abscheidung von Jod aus Jodsäure bei Gegenwart von schwefliger Säure die Reaction nicht in allen Theilen der Lösung sich gleichmässig zeigt, sondern dass »todte Räume« beobachtet werden können. Da diese Erscheinungen auch bei anderen Reactionen auftreten, so wurde daraus geschlossen, dass hier ein molecularer Vorgang allgemeinerer Art vorliegen müsse. Für die experimentelle Prüfung waren jedoch die oben genannten Reactionen die zweckmässigsten, und wenn man von den durch die physikalische Verschiedenheit der Endproducte erklärbaren Abweichungen absieht, so stimmten dieselben in den Erscheinungen unter sich überein. Durch systematische Anwendung der verschiedenartigsten Gefässe konnte erwiesen werden, dass die todten Räume eine regelmässige Formenbildung zeigen und mit Sicherheit auftreten. Die Versuche wurden aber andererseits auch so geleitet, dass sie den Schluss zuliessen, es könne weder Verdampfung noch Strömung infolge verschiedener Dichtigkeit der Lösungen oder endlich der Einfluss der chemischen Beschaffenheit der Wand, d. h. die Alkalinität des Glases, als Ursache angenommen werden.

Da, wie bereits früher erwähnt, die Reihe der durch Beobachtung gewonnenen Erfahrungen zu dem Schlusse drängt, dass die physikalische Beschaffenheit der die Flüssigkeit begrenzenden Wand und die freie Oberfläche von entscheidendem Einfluss auf die Bildung des todten Raums bei chemischen Reactionen sein müssen, so wurden, um die Richtigkeit dieser Anschauung zu prüfen, die nachstehenden Versuche angestellt.

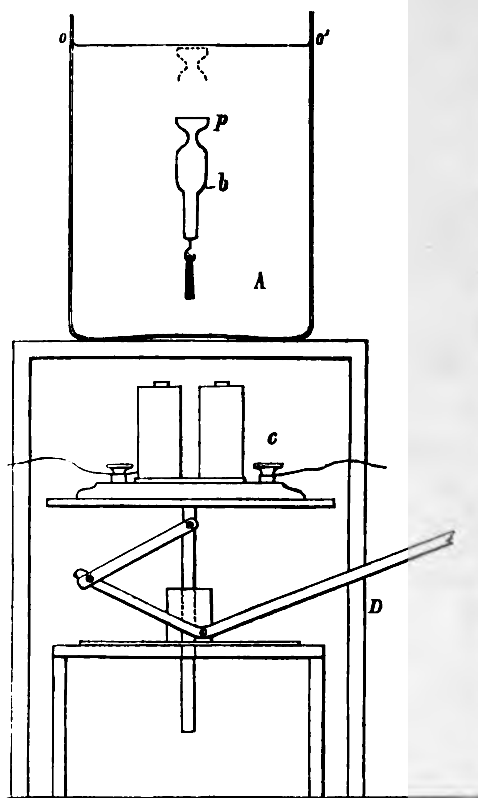
[1] Diese Berichte, 14. März 1889, S. 169.

§. 2. Es existirt eine Reihe von Erfahrungen, welche eine besondere Widerstandsfähigkeit der Flüssigkeitsoberfläche beweisen. Alle diese Versuche sind in der Weise angestellt worden, dass man die Einwirkung auf die Oberfläche von aussen her erfolgen liess. Von dem Inneren der Flüssigkeit aus sind bisher meines Wissens keine Versuche in Angriff genommen worden, um die Eigenschaften der Flüssigkeitsoberfläche zu studiren. Eine solche Lücke in unserer Erfahrung auszufüllen, musste für die vorliegende Frage von Bedeutung sein. Zunächst wurden daher Versuche mit in Wasser aufsteigenden Körpern gemacht. Um ein Material zu erlangen, welches bei bestimmter Temperatur des Wassers ein nur sehr wenig kleineres specifisches Gewicht als dasselbe besitzt, wurde Bienenwachs mit Carnaubawachs gemischt und zur besseren Erkennung mit Russ oder Alkanna gefärbt. Eine solche Masse lässt sich geschmolzen auf einer Glasplatte zu kleinen planconvexen Linsen von 5^{mm} Durchmesser austropfen. Man schmilzt an der convexen Seite einen feinen Platindraht von einigen Millimetern Länge an, um den Schwerpunkt tief zu legen und durch geeignetes Biegen des Drahtes beim Aufsteigen des Körpers eine horizontale Lage der nach oben gerichteten planen Seite zu erreichen.

In einem Glasgefäss werden durch einen Stab, der an einem Ende mit einem kleinen Siebe versehen ist, die Schwimmer zunächst am Boden festgehalten. Beim Steigen beobachtet man nun, dass der Schwimmer etwa $0^{mm}.5$ unter der Oberfläche scheinbar still steht. In Wirklichkeit zeigt er nur eine äusserst verlangsamte Aufwärtsbewegung. Da diese selbst bei sehr guter Regulirung mit Oscillationen des Körpers um horizontale Axen verbunden ist, und der Führungsstab selbst bei vorsichtiger Handhabung und trotz des Siebes zu Strömungen Veranlassung giebt, so wurde zur besseren Beobachtung eine andere Anordnung des Versuches gewählt.

§. 3. In einem parallelepipedischen Glastrog, Fig. 1, welcher bis zu einer Höhe von 17^{cm} mit Wasser gefüllt ist, befindet sich ein kleiner, 12^{cm} hoher Schwimmer *b*, bestehend aus einem geschlossenen Glasrohr, welches oben in eine geschlossene schwarze Glasplatte *p* von 22^{mm} Durchmesser endigt und welches am unteren Ende vermittelst eines eingeschmolzenen Platinhakens einen $4^{mm}.5$ dicken, 27^{mm} langen Nickeldraht trägt. Das Gewicht des Schwimmers ist $16^{gr}.7$. Das specifische Gewicht dieses Systems wurde durch Befeilen des Nickeldrahtes dem specifischen Gewicht des Wassers von 18°.5 C. so genähert, dass bei dieser Temperatur kein Auftrieb mehr stattfand. Der Glastrog *A* befindet sich auf einem Tisch, welcher gestattet, dass durch den Hebelapparat *D* der Elektromagnet *C* unter den Boden des Glases gehoben werden kann. Bei Schluss der Batterie und Annäherung des Magnetes wird der

Fig. 1.

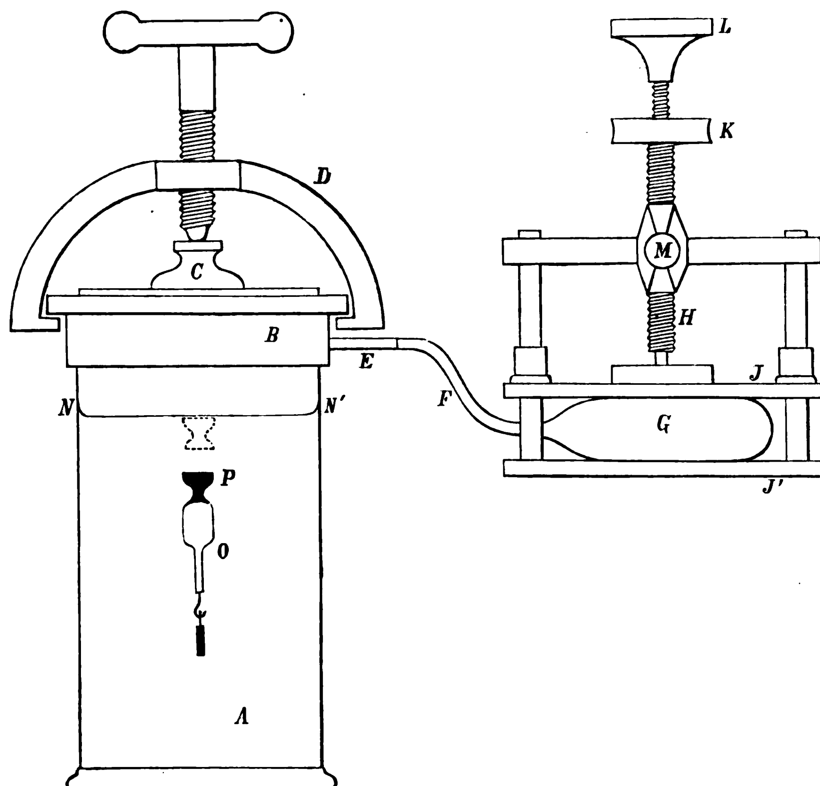


Schwimmer am Boden festgehalten. Beim Öffnen des Stromes und Senken des Elektromagnetes — um den Einfluss der magnetischen Nachwirkung unwirksam zu machen — beginnt der Schwimmer langsam in beschleunigtem Tempo zu steigen. Bei einer Temperatur von 18°1 blieb er etwa 3mm unter der Oberfläche stehen; selbst nach einer halben Stunde wurde noch kein Durchtritt beobachtet. Bei einer Temperatur von 17°2 nähert er sich zwar der Oberfläche bedeutend mehr, aber auch jetzt findet ein Durchtritt in derselben Zeit nicht statt. Bei niedrigerer Temperatur wird natürlich der Auftrieb stärker, und es lässt sich thatsächlich eine Temperatur erreichen, bei der sehr bald ein sofortiges Durchbrechen der Flüssigkeitsoberfläche eintritt; so konnte ein solches bei 15°9, wo die Entfernung des scheinbaren Stillstands 0mm5 unter der Oberfläche betrug, schon nach wenigen Minuten constatirt werden. Bei diesen Temperaturen, wo der Auftrieb ein mässiger ist, und der Schwimmer infolge dessen mit geringer Geschwindigkeit an der Oberfläche anlangt, wurde eine Erhebung der Wasseroberfläche über der Platte nicht bemerkt.

Mit dem eben Ausgeführten soll nicht gesagt sein, dass der Widerstand des Wassers in der Nähe der Oberfläche wie eine dauernde Kraft wirkt; es ist zu bemerken, dass geringe von der Wasseroberfläche ausgehende Bewegungen verhindern können, dass der Schwimmer an die Oberfläche tritt, wohin er schliesslich durch seinen Auftrieb gelangen müsste.

Jedenfalls ist auch durch diesen Versuch der Flüssigkeitswiderstand an der Oberfläche des Wassers mit Sicherheit constatirt. — Um jedoch zeigen zu können, dass auch bei anderen Flüssigkeiten diese Erscheinung stattfindet, war es geboten, einen Apparat zu wählen, bei welchem die Abhängigkeit der Temperatur fortfällt und der zugl[...] gestattet, chemisch differente Substanzen in Anwendung zu bri[...]

Fig. 2.



§. 4. Der zu diesem Zwecke benutzte Apparat (Fig. 2) beruht auf dem Princip des Boyle'schen Schwimmers (Cartesianischen Tauchers). Ein Glascylinder A enthält an seinem oberen Ende eine Messingfassung B, welche durch die Platte C und einen untergelegten Kautschukring mit Hülfe des Schraubenbügels D luftdicht verschlossen werden kann. Durch die Messingarmatur B geht ein Rohr E, an welchem das in einen kleinen dickwandigen Gummiballon G endigende Kautschukrohr F befestigt ist. Der Kautschukballon befindet sich zwischen den Platten J und J' einer Presse H, welche so construirt ist, dass durch Drehen sowohl der Schraube K wie der Schraube L, deren Mutter sich im Innern der Schraube K befindet, die Platte J auf und ab bewegt werden kann. Die Schraube M dient der Schraube K als Hemmung; ist K durch sie angedrückt, so ist man zwar noch im Stande, die Platte J der Platte J' vermittelst der Schraube L zu nähern, aber man vermag nicht mehr, durch Zurückschrauben diejenige Entfernung, die im Augenblicke der Hemmung zwischen J und J' bestand, zu vergrössern. Das Gefäss A wird mit Wasser bis zu NN' gefüllt, und ein kleiner Schwimmer O in den Cylinder gebracht; zweckentsprechend bestand derselbe aus einem oben geschlosse-

nen Glasrohr von 12mm3 Durchmesser, welches nach unten in ein dünneres unten offenes Glasrohr von 5mm5 lichter Weite endet. An dem oberen Theil befindet sich, mit kurzem Halse angeschmolzen, eine ebengeschliffene Glasplatte von 8mm Durchmesser. Der Schwimmer O ist so aequilibrirt, dass die Glasplatte p in der Flüssigkeit eine horizontale Lage einnimmt. Er wird mit soviel Wasser gefüllt, dass er bei gewöhnlichem Luftdruck auf dem Wasser schwimmt. Für die Gleichgewichtsverhältnisse dieses Schwimmers ergiebt sich folgendes.

Es sei

G das Gewicht der starren Substanz des Schwimmers,
s ihr specifisches Gewicht,
L das Gewicht der abgesperrten Luft,
σ das specifische Gewicht derselben,

so hat man folgende Gleichgewichtsbedingung:

1) $$\frac{G}{s} + \frac{L}{\sigma} = G + L.$$

Ist ferner P der äussere Luftdruck, σ_0 das diesem entsprechende specifische Gewicht der Luft, h die Höhe der auf die Luftblase im Schwimmer drückenden Wassersäule, so ist nach dem BOYLE-MARIOTTE'schen Gesetz:

2) $$\sigma = \sigma_0 \frac{P+h}{P},$$

wobei P durch Wassersäulen gemessen gedacht ist, und aus 1) und 2) folgt:

3) $$\frac{G}{s} + \frac{L}{\sigma_0 \frac{P+h}{P}} = G + L,$$

demnach:

4) $$h = \frac{1}{\frac{\sigma_0}{P}\frac{G}{L}\left(1-\frac{1}{s}\right)+\frac{\sigma_0}{P}} - P = C - P,$$

wo C sich mit P nicht ändert, da der Quotient $\frac{\sigma_0}{P}$, wenn man von den Änderungen der Temperatur absieht, nach dem BOYLE-MARIOTTE-schen Gesetz einen constanten Werth hat. Dass die durch 4) bestimmte Gleichgewichtslage labil ist, ergiebt sich daraus, dass σ und somit das specifische Gewicht des ganzen Systems bei Vergrösserung von h zunimmt, das System somit eine Beschleunigung im Sinne der wachsenden h erhält; dass dagegen bei Verkleinerung von h dem Systeme ein Auftrieb ertheilt wird.

Aus Gleichung 4) ergiebt sich ferner, dass mit wachsendem äusseren Druck P die Gleichgewichtsebene weiter nach oben verlegt wird.

Diese Betrachtung schien erforderlich, da die Anschauungen über die Gleichgewichtslage mit Luft erfüllter Körper, deren Inneres mit der Flüssigkeit, in der sie sich bewegen, communicirt, bis in die neueste Zeit zu Missdeutungen Veranlassung gegeben hat,[1] und sie giebt uns zugleich die Mittel an die Hand, um den oben beschriebenen Apparat zweckentsprechend zu benutzen. Zuvörderst ist derselbe so einzurichten, dass in der stabilen Gleichgewichtslage der Schwimmer an der Oberfläche wenig über derselben hervorragt, aber immerhin noch so viel, dass die labile Gleichgewichtslage desselben sich unterhalb des Cylinders befindet, d. h. dass durch Nachlassen des Druckes der Schwimmer stets zum Steigen gebracht werden kann. Durch genügende Pressung des Kautschukbeutels G kann man die labile Gleichgewichtslage in hinreichende Nähe der Oberfläche verlegen; beim Aufheben des Druckes beginnt der Schwimmer zu steigen, sobald die labile Gleichgewichtsebene sich unterhalb desselben befindet. Um ihm jedoch einen möglichst geringen Auftrieb zu geben, ist es erforderlich, den Druck P so zu reguliren, dass beim Beginn des Steigens die Gleichgewichtsebene sich möglichst wenig unter dem Schwimmer befindet; liesse man den Druck P zu bedeutend abnehmen, so würde der Schwimmer eine zu grosse Höhe über seiner Gleichgewichtsebene erhalten und sich also mit einem zu starken Auftrieb nach oben bewegen; und da er ohnehin beim Steigen in jedem Augenblick eine neue Beschleunigung erhält, so würde er die Oberfläche der Flüssigkeit durchbrechen, ohne dass deren Widerstand zur Beobachtung gelangen könnte.

Die vorher beschriebene Einrichtung der an der Schraubenpresse angebrachten Hemmung M gestattet, das Aufsteigen des Schwimmers in der Nähe seiner Gleichgewichtsebene zu bewirken. Man setzt die Schraube K so lange in Bewegung, bis annähernd der Punkt erreicht ist, bei welchem der Taucher sinkt.[2] Ist dies der Fall, so wird die Schraube K durch die Klemmschraube M festgestellt. Durch langsame

---

[1] Welchen nachtheiligen Einfluss die unrichtigen Angaben über den Cartesianischen Taucher auf die Anschauungen über die Bewegung solcher Fische, welche mit Schwimmblase versehen sind, ausgeübt haben, ist in den »Betrachtungen über die physikalische Eigenschaft der Schwimmblase« auseinandergesetzt, zu denen ich durch die Construction des oben beschriebenen Apparats geführt wurde. (Diese Arbeit wird demnächst in du Bois-Reymond's Archiv für Physiologie erscheinen).

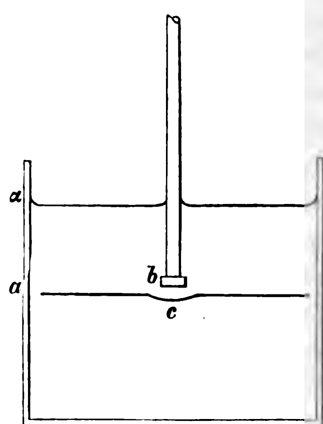
[2] Es ist bei diesem Versuch darauf zu achten, dass die Platte des Schwimmers vollständig benetzt ist, damit nicht durch Bildung des Meniscus an derselben ein grösserer Widerstand überwunden zu werden braucht.

Bewegung der Schraube L wird der Schwimmer bis etwa 1^cm unter der Oberfläche zum Sinken gebracht, beim Zurückdrehen dieser Schraube ist es unmöglich gemacht den Platten eine weitere als die ursprüngliche Entfernung zu geben. So steigt der Schwimmer mit möglichst geringem Auftrieb in die Höhe. Es zeigt sich dann am besten die anfangs beschriebene Erscheinung des scheinbaren Stillstandes des Schwimmers unter der Flüssigkeitsoberfläche.

Es gelang mit diesem Apparat die nämliche Erscheinung bei Alkohol, Äther, Aceton, Benzylalkohol, Amylalkohol, Schwefelkohlenstoff und concentrirter Natronlauge hervorzurufen.

Bei starkem Auftrieb sieht man, ohne dass der Schwimmer hindurchtritt, die Oberfläche sich heben, hat sich dieselbe wieder geglättet, so befindet sich der Schwimmer wieder in sichtbarer Entfernung unter der Oberfläche. In diese Stellung tritt er auch, nachdem er bei noch stärkerem Auftrieb mehrere Mal von der sich bildenden Oberfläche zurückgestossen wird, wie wenn ein elastischer Ball von einer festen Wand zurückprallt. Die Verschiebung einer Flüssigkeitsoberfläche durch den Widerstand, welchen der capillare Abfluss hervorruft, lässt sich auch durch folgenden Versuch zeigen. Ein Glastrog A, Fig. 3, ist mit Wasser bis zu aa' und flüssigem Paraffin bis zu $\alpha\alpha'$ gefüllt. In letzteres wird ein unten mit einer kleinen Platte b versehener Stab in die Nähe der Wasseroberfläche gesenkt. Selbst bei der langsamsten Einführung findet bei c dann eine Ausbuchtung der Wasseroberfläche statt. Auch die von Stefan bei festen Platten beobachtete scheinbare Adhaesion lässt sich bei sehr vorsichtigem Niederdrücken des Schwimmers mit Sicherheit erkennen.

Fig. 3.



Die vorhergehenden Versuche zeigen augenscheinlich, dass die gespannte Oberfläche einer Flüssigkeit der Bewegung fester aufsteigender Körper einen Widerstand entgegensetzt, wie es bei starren Wänden der Fall und von diesen bekannt ist. Wäre eine solche vorhanden, so müsste ein gegen sie aufsteigender Schwimmer ebenfalls von einer gewissen Entfernung an einen scheinbaren Stillstand zeigen, indem die schliesslich entstehende capillare Flüssigkeitsschicht das weitere Aufsteigen behindert.

Da nun der todte Raum bei chemischen Reactionen eine Erscheinung ist, die sich nicht allein in der Nähe der festen Wand zeigt, sondern ebenso in der Nähe der freien Oberfläche, so war es

angezeigt, die obigen Erfahrungen mit demselben in Beziehung zu bringen. Es musste sich demgemäss darum handeln, mit Hülfe geeigneter Versuchsanordnungen bestimmte Formen des todten Raumes auch als Folge des Flüssigkeitswiderstandes hervorzurufen, um zu prüfen, ob ein Zusammenhang beider Erscheinungen nachweisbar ist.

§. 5. Die nächste Aufgabe war, bei Erhaltung der Flüssigkeitsoberfläche, ohne Niveauveränderung statt eines starren Körper bewegliche Körper, d. h. Flüssigkeiten zu beobachten, deren Ausbreitung unter der Oberfläche und an der Wand die Vertheilung der Widerstände erkennen lassen. Als Princip des Einströmens wurde der zuerst von Bacon von Verulam in seiner Sylva sylvarum[1] beschriebene Versuch benutzt, welcher darin besteht, dass man eine durch den Finger verschlossene Flasche mit Wasser in ein Gefäss mit Wein tauchte. Hierbei findet ein Austausch der Flüssigkeiten statt. Die bei derartigen Versuchen zugleich auftretende Erscheinung der schnellen Diffusion und unregelmässigen Schlierenbildung habe ich dadurch mit Erfolg beseitigt, dass Flüssigkeiten benutzt wurden, die sich bei einem grossen Reibungscoefficienten nur um eine sehr geringe Differenz der specifischen Gewichte von einander unterscheiden; die letzte Eigenschaft allein, wie durch die Versuche vieler Experimentatoren bewiesen, reicht nicht hin, um regelmässige Erscheinungen hervorzurufen. Dabei ist, um Unregelmässigkeiten zu vermeiden, für eine möglichst gleichmässige Temperatur der Flüssigkeit zu sorgen. Bei dem Aufsteigen specifisch leichterer Flüssigkeiten in schwerere zeigt es sich, dass wenn dieselben nicht mischbar sind, kein regelmässiger Strom erfolgt, sondern Abtrennungen unregelmässiger Massen. Daher wurden nur mit einander mischbare Flüssigkeiten in Anwendung gezogen und zwar als schwerere Flüssigkeit Glycerinlösung vom specifischen Gewicht 1.1435 bei 17°, als leichtere solche von den specifischen Gewichten 1.1426, 1.1416, 1.1405. Um letztere bei Steigen besser beobachten zu können, wurden dieselben mit Azorubin so stark gefärbt, dass

[1] Sume vitrum ventre capax et oblongi colli, ventrem partim aqua imple. Accipe et aliud vitrum, cui vinum rubellum aqua mixtum infundas. Inverte primum ventre sursum acto, collumque digito obtura. Deinde ejus orificium alteri vitro insere, digitumque amove. Hoc statu aliquamdiu retentum, separabit vinum ab aqua, vinum ascendet inque superioris vistri fundo subsistet. Transitus oculis obvius est.

Fr. Baconis de Verulamio Lugd. Batav. 1648 (In's Lat. übers. von Jac. Gruterus) Centur. I, 14.

Das Citat mag hier deshalb einen Platz finden, weil in Gehler's Wörterbuch diese einfache Erscheinung als das Taschenspielerstück, Wasser in Wein zu verwandeln, mitgetheilt wird.

Durch Hrn. Landolt wurde ich darauf aufmerksam gemacht, dass Galilei i.J. 1638 einen ähnlichen Versuch wie Baco von Verulam beschrieben habe (S. Ostwald's siker Bd. 19).

noch in feinsten mit dem Auge sichtbaren Capillaren die aufgesogene Flüssigkeit an der Farbe erkannt werden konnte.

§. 6. Ein Rohr, das oben durch einen Hahn verschlossen ist, wird vertical aufgestellt und mit der specifisch schwereren, ungefärbten Flüssigkeit durch Aufsaugen gefüllt. Sodann lässt man von derselben soviel in die Luft abfliessen, dass die untere Öffnung von einer schwach gewölbten convexen Flüssigkeitsmasse ausgefüllt wird. Unter dem Rohr wird das die leichtere gefärbte Flüssigkeit enthaltende Gefäss *B* auf einem durch einen Trieb verstellbaren Tisch befindlich, aufgestellt. Sobald durch vorsichtiges langsames Höherstellen des Tischchens die Flüssigkeitsflächen mit einander in Berührung gebracht sind, beginnt ein Strömen der leichteren Flüssigkeit nach oben und zwar in vollendeter Regelmässigkeit. Wir sehen Fig. 4 einen centralen Cylinder der gefärbten Flüssigkeit von einer Dicke von scheinbar 5^{mm} bei einem Rohrlumen von $7^{mm}.5$ sich aus der gefärbten Flüssigkeit *B* erheben, während die Wandschicht völlig ungefärbt bleibt. Die Trennungsflächen zwischen gefärbter und ungefärbter Flüssigkeit treten hierbei in scharfer Weise hervor. Der aufsteigende farbige Cylinder bildet sich in der Weise, dass in der Mitte die grösste Geschwindigkeit herrscht und nach der Peripherie die aufsteigende Bewegung bis zum Aufhören abnimmt. Die specifisch schwerere Flüssigkeit fliesst an der Seite der Glaswandung herunter. Die obersten Flüssigkeitstheilchen biegen sich seitlich um und demgemäss ist das oberste Ende des Cylinders gewölbt. Dass dabei gleichzeitig ein leichtes Steigen des ganzen Cylinders stattfindet, ist wohl möglich. Von der Richtigkeit dieser Beschreibung kann man sich überzeugen, wenn man die Strömung des aufsteigenden Cylinders in einer nicht gefärbten Lösung beobachtet, in der man feine Partikelchen, die annähernd dasselbe specifische Gewicht wie die Flüssigkeit selber haben, suspendirt. Diffusions-

Fig. 4.

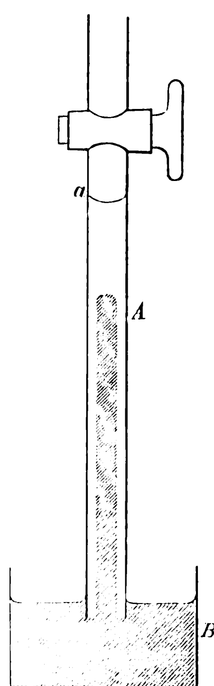
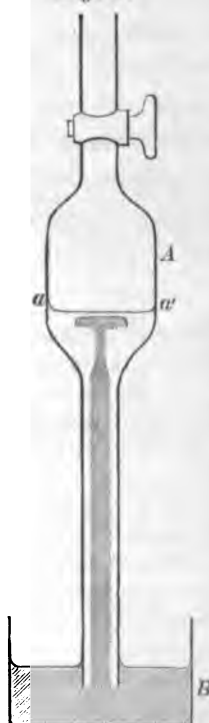


Fig. 5.



§. 7. Ein etwa 6^{cm} hohes und 8^{cm} langes Hohlprisma *A* mit Glaswänden Fig. 8, dessen kleinster Winkel 9° beträgt, ist auf der

Fig. 8.

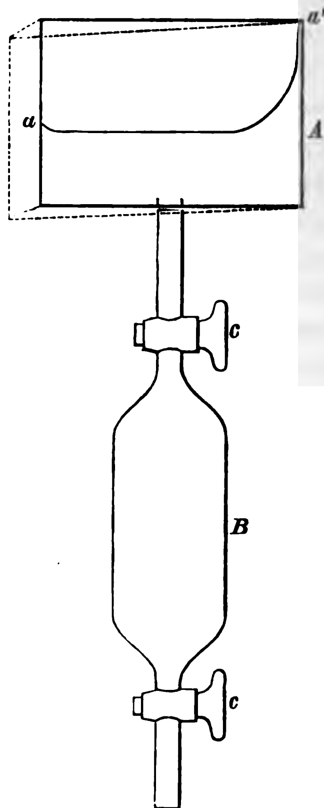


Fig. 9.

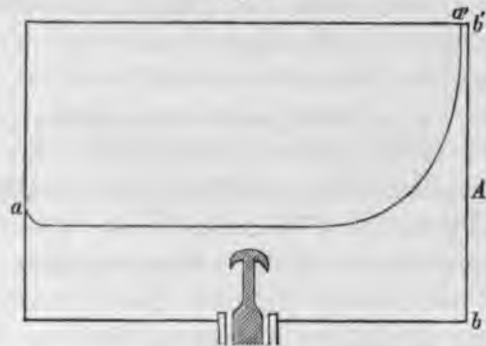
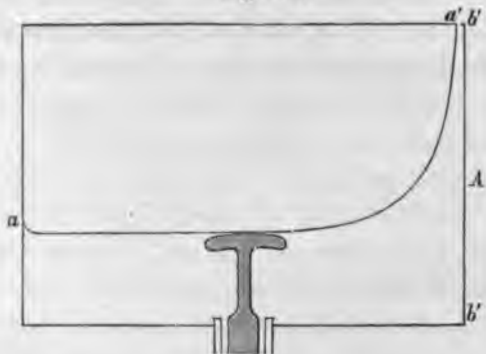


Fig. 10.



Basis mit einem 8^{mm} weiten Loch durchbohrt, in welches ein mit Doppelhahn versehenes Glasrohr *B* hineinpasst. Das Rohr *B* wird

Fig. 11.

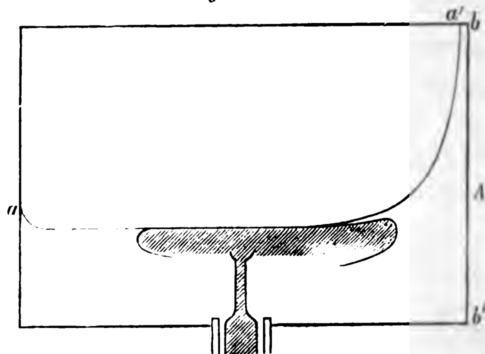
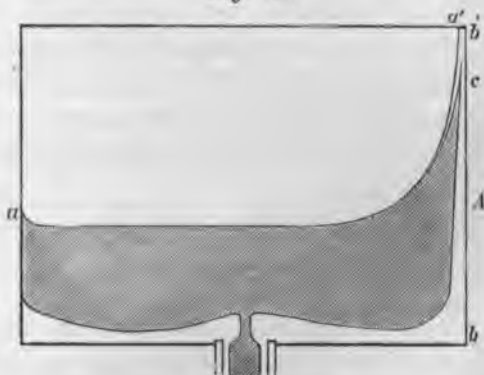


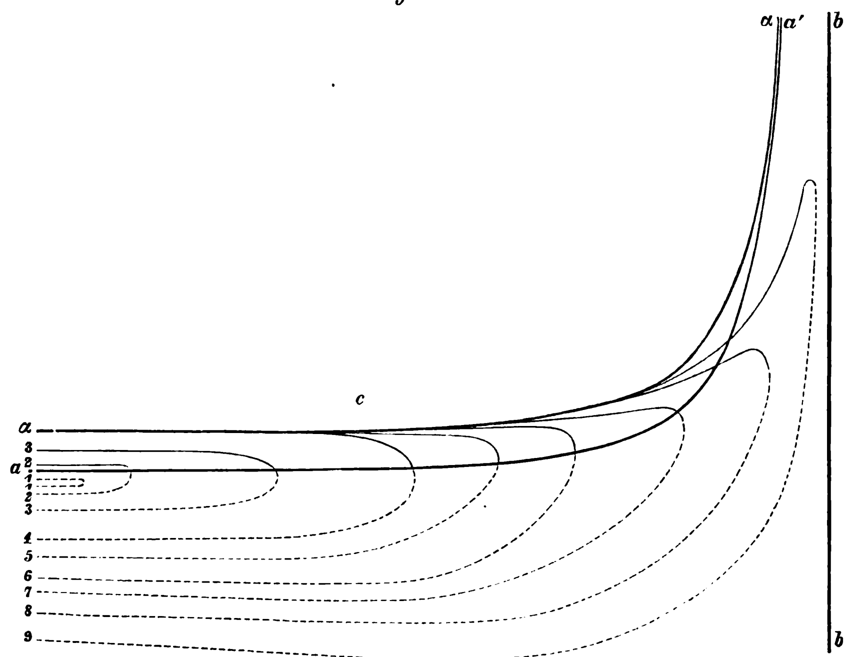
Fig. 12.



PLATEAU, Bericht über die Experimente des Hrn. BÈDE. Mém. couronnés par l'Académie de Bruxelles XXV. 1883, citirt nach VIOLLE, Cours de Physique I, 750.

mit der leichteren gefärbten Flüssigkeit gefüllt, die Hähne c und c' geschlossen und das darüber stehende Stück e sehr sorgfältig durch wiederholtes Spülen mit der specifisch schweren Flüssigkeit gereinigt. Man füllt sodann den Theil e sowie das Prisma bis zur Höhe $a\,a'$ mit der farblosen Flüssigkeit; der sich als Hyperbel erhebende Meniscus endigt an dem oberen Rand des Prisma's. Beim Öffnen des Hahnes tritt der centrale aufsteigende rothe Cylinder in die Höhe, beim Eintritt in das Prisma bildet sich eine Contractio venae mit darüber stehendem Wirbelkopf (Fig. 9), welcher etwa $^1/_4{}^{mm}$ unter der Oberfläche anhält. Die zuerst unter dieser angelangte Menge tritt an sie heran, während der seitliche Abfluss in sichtbarer Entfernung von ihr fortschreitet (Fig. 10). In der Nähe des Scheitels der Hyperbel beginnt die grösste Abbiegung (Fig. 11), man sieht nun die Flüssigkeit in den von der Oberfläche und den beiden Seiten des Prisma's gebildeten Raumwinkel aufsteigen (Fig. 12), ohne dass weder die Oberfläche berührt, noch der von den Prismawänden eingeschlossene Raum erfüllt wird. In Fig. 12 ist $a\,a'$ die Flüssigkeitsoberfläche, $b\,b'$ die Berührungslinie der Glaswände und bei c die Spitze der rothen Flüssigkeit. Den

Fig. 13.

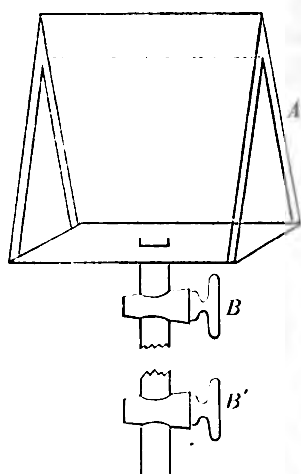


Verlauf der Strömung an der Oberfläche zeigt deutlich die Fig. 13.[1] Von den beiden Conturen aa und aa' stellt die untere bis c etwa

[1] Diese Strömungserscheinung wurde beobachtet bei einem Prisma, dessen spitzer Winkel 21°5 ist.

horizontal verlaufende diejenige Curve dar, in welcher die Flüssigkeitsoberfläche durch die den Winkel $b'b$ halbirende Verticalebene geschnitten wird, und die also bis c das ebene Niveau der Flüssigkeit repraesentirt, aa ist die Grenzlinie zwischen Flüssigkeit und Wand, die Entfernung der beiden Curven aa und aa' stellt also die mit abnehmender Entfernung der beiden Seitenebenen immer geringer werdende Breite des in Folge der Benetzung entstehenden Meniscussaums dar. Man erkennt, dass bei 1 die Masse noch sichtbar unter der horizontalen Oberfläche liegt, alsbald beginnt, wie es 2 zeigt, der Eintritt der gefärbten Flüssigkeit in den Meniscussaum zwischen aa und aa'. Dort jedoch, wo keine horizontalen Theile der Oberfläche mehr vorhanden sind, entfernt sich das äusserste Ende der aufsteigenden Flüssigkeit gänzlich von der Oberfläche, steigt in dieser Weise weiter und lässt, wie schon bemerkt, den von der Oberfläche und den beiden Seitenflächen des Prisma's gebildeten Raumwinkel frei. Bei der weiteren Verdrängung der farblosen Flüssigkeit durch die rothe zeigt sich, dass in der Nähe des Prismabodens beim spitzen Winkel desselben eine Abbiegung der Flüssigkeit nach innen stattfindet. Eine Verzögerung der Füllung tritt auch in dem spitzen Winkelraum des Prisma's auf; die Grenzlinie zwischen gefärbter und farbloser Flüssigkeit stellt sich hier als eine scharfe Linie dar (Fig. 12), die etwas von der Verticalen abweicht; der Grund hierfür ist darin zu suchen, dass die Flüssigkeit eine längere Zeit hatte, um den Winkel auszufüllen. Prismen mit grösserem Winkel bis zu 21°5 zeigten dieselben Erscheinungen.[1]

Fig. 14.



Die Verzögerung des Stromes in dem durch die Prismawände geschaffenen Capillarraum lässt sich durch einen besonderen Versuch deutlich zeigen; man wendet hierzu ein geschlossenes Hohlprisma mit einem spitzen Winkel von 10° an, dessen Aufstellung, wie nebenstehende Fig. 14 es zeigt, so erfolgt, dass die den spitzen Winkel bildende Kante sich horizontal und der Rohröffnung gegenüber befindet.

Das Prisma wird mit Ausschluss jeder Luftblase mit Flüssigkeit gefüllt; im Übrigen ist die Ausführung des Versuchs von dem erstbeschriebenen nicht verschieden. Die Flüssigkeit steigt in das

[1] Sieht man von oben her auf die Flüssigkeit, so zeigt sich eine epheublattartige Ausbreitung der rothen Flüssigkeit, welche ich vorläufig glaube unberücksichtigt lassen zu können.

Prisma, breitet sich aus, um in den Raum unter der Kante bis zu einer Entfernung von 3mm vorzudringen, abgegrenzt durch eine scharfe horizontale Linie. Während der andere Theil des Prisma's sich rasch mit der rothen Flüssigkeit füllt, bleibt der obere spitze Theil farblos bestehen, bis Diffusionsvorgänge auch hier eine Färbung einleiten.

§. 8. Die folgenden Apparate sind geeignet, den bei dem Prisma beobachteten verlangsamten Eintritt in den Meniscus noch besser zu verfolgen. Es wurden zu diesem Zweck die Flüssigkeiten zwischen plancylindrischen Gläsern zum Steigen gebracht. Um hier den sich bildenden, von der Hyperbel allerdings abweichenden Meniscus ohne Störung beobachten zu können, wurde der Zweck, die leichtere Flüssigkeit in die schwerere bei Erhaltung des Niveaus aufsteigen zu lassen, durch folgenden Apparat annähernd erreicht. Zwei plancylindrische Gläser (Fig 15) vom Krümmungsradius 13cm8 sind mit Hülfe der Klemmvorrichtungen (Fig. 16) *K* und *K'* an einem Stativ befestigt. Diese Cylinder werden in den Kasten *A* hineingesenkt, der am Boden eine Bohrung hat, in der sich zwischen zwei Hähnen *L* und *L'* abgeschlossen, die leichtere Flüssigkeit wie in dem früher beschriebenen Apparate befand. Nachdem der Kasten *A* und die bis zu dem Hahn *L* reichende Röhre mit der specifisch schwereren farblosen Flüssigkeit gefüllt war, wurden mit Hülfe der Schraube *S* die mit den convexen Flächen zusammenliegenden plancylindrischen Gläser in die Flüssigkeit gesenkt. Durch Öffnung des Hahnes *L* steigt die Flüssigkeit in den oberen Behälter und legt sich unter den Querschnitt der beiden Gläser. Das Steigen beginnt in der Weise, dass entfernt von der Oberfläche auf beiden Seiten, der aufsteigenden Meniscuscurve folgend, die gefärbte Flüssigkeit in die farblose eindringt, aber entfernt von dieser bleibt. Der anfangs breite farblose Raum, der sich in der Mitte des Prisma's befindet, verschmälert sich entsprechend der Höhe der aufsteigenden Flüssigkeit.

Um nun auch den in §. 23 meiner früheren Abhandlung beschriebenen Versuch, bei welchem die den todten Raum erzeugende Reaction zwischen Uhrglasschalen ausgeführt wurde, in den Kreis der Betrachtung zu ziehen, ist folgende Versuchsanordnung getroffen worden. Statt des Prisma's wurden zwei convexe oder planconvexe Linsen benutzt, und das Steigen zwischen den so sich bildenden Menisken beobachtet. Bei einigen Versuchen habe ich die beiden convexen Flächen mit einander in Berührung gebracht, bei anderen eine plane mit einer convexen Seite. Der Krümmungsradius war beträchtlich grösser als bei den Cylinderlinsen.

Die specielle Einrichtung des Apparats war folgende. Die Linsen *A* und *A'* Fig. 17 befinden sich durch Klemmen befestigt in dem Halter *B*

Fig. 15.

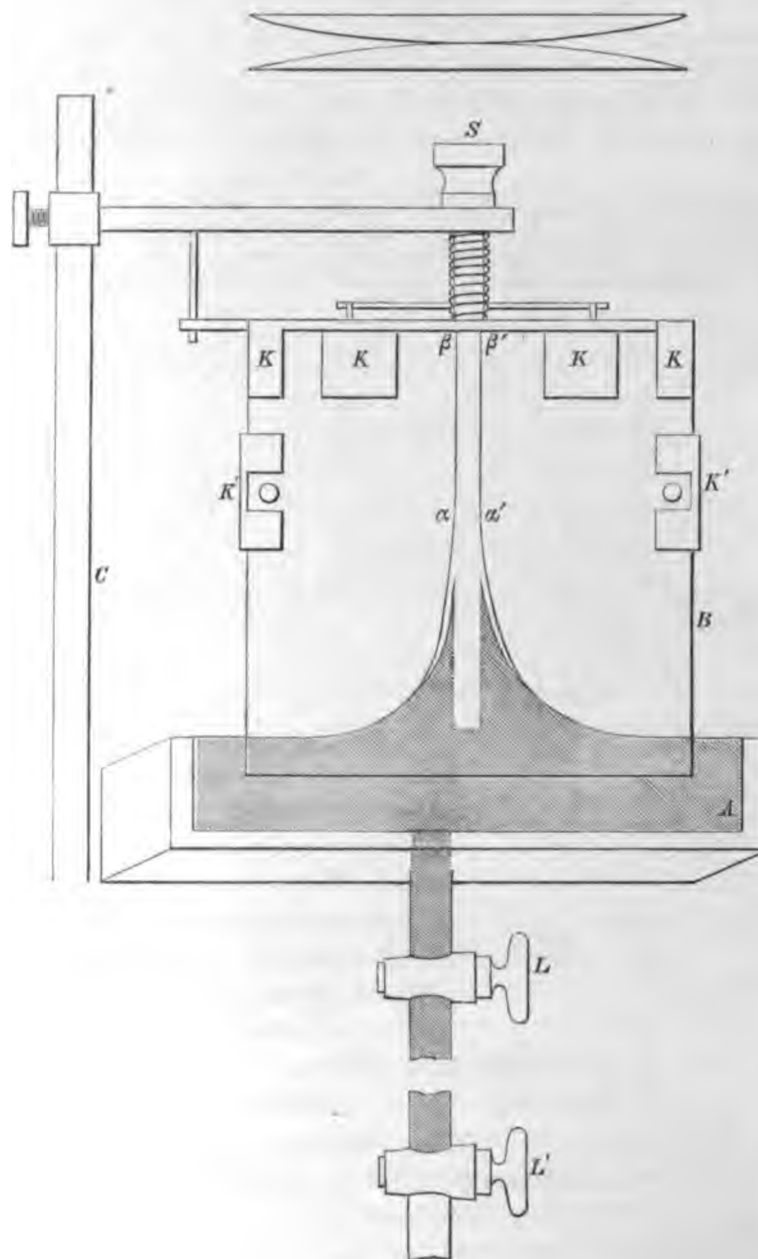


Fig. 16.

Fig. 18; dieselben tauchen in den Kasten E, in welchem die zur Aufnahme des mit der oben beschriebenen Doppelhahnabsperrung GG' versehenen Rohrs dienende Öffnung sich befindet. Bei C' bemerkt man ein kleines Blech, welches durch Anziehen einer Schraube die unteren Ränder der

Fig. 17.

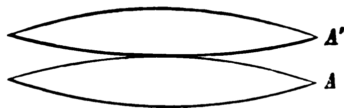


Fig. 18.

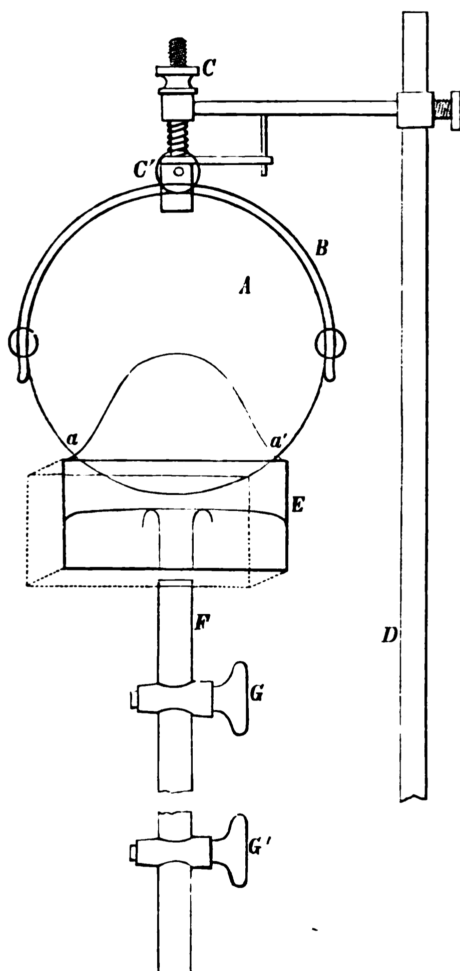


Fig. 19.

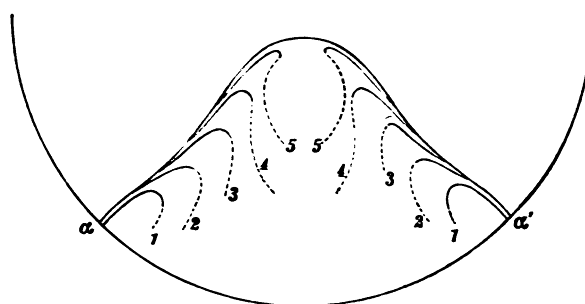
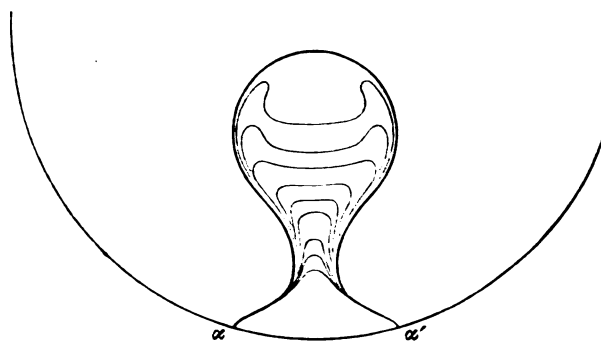


Fig. 20.



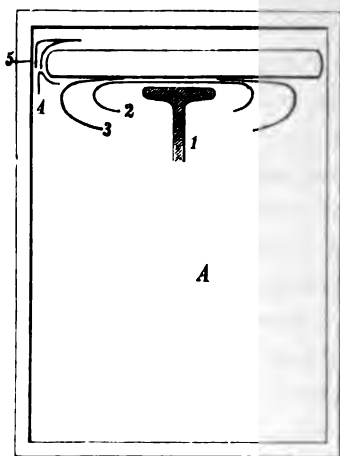
Linse einander mehr oder weniger zu nähern gestattet. Diese letztere Vorrichtung ermöglicht es, verschieden gestaltete Meniscuscurven zu erzielen, wie es die Zeichnungen zeigen. Fig. 19 ist charakteristisch für die erste Art der erhaltenen Meniscuscurven. Die Curve besteht aus zwei symmetrisch zur Mittellinie gelegenen Theilen; ihr Scheitel liegt etwas unterhalb des Mittelpunkts der Linsenflächen. Der obere Theil der Curve hat eine parabelähnliche Gestalt, bis ein Wendepunkt eintritt, von dem ab sich der Charakter der Curve ändert. Die verschiedenen Stadien des Steigens zeigen die in die Figur 19 eingezeichneten Contouren.

Fig. 20 stellt die zweite Art der erhaltenen Curven dar. Im Gegensatz zu dem erst beschriebenen Meniscus besteht der obere Theil aus einer kreisförmigen bez. schwach elliptischen Linie, welche in einem Wendepunkt den Sinn der Krümmung ändert, so dass an das obere Stück ein mehr oder weniger breiter Hals angesetzt erscheint, der

dann an den unteren Rändern der Linse sich trompetenartig erweitert. Der Verlauf der Strömung im einzelnen ist durch die eingezeichneten Curven angegeben worden.

Man erkennt auch bei diesen Versuchen, wie der Charakter der früheren Erscheinung hervortritt. Stets bleibt zwischen der Begrenzung der gefärbten und der Oberfläche der farblosen Flüssigkeit ein freier Raum.

Fig. 21.



Um eine weitere Übereinstimmung der Flüssigkeitsströmung mit den Erscheinungen des todten Raumes zu zeigen, wurde das im §. 7 (Fig. 14) beschriebene Prisma nicht ganz mit Flüssigkeit angefüllt, sondern oben eine Luftblase eingeklemmt. 1, stellt den aufsteigenden Strom mit seinem Wirbelkopf dar, die Curven 2, 3, 4, 5 zeigen den Weg, den die Flüssigkeit entfernt von der Luftblasenoberfläche und der Wand nimmt.

Wie ich noch bemerken will, ist es nicht nöthig, sich bei diesen Versuchen auf Glycerinlösungen zu beschränken, man kann zu demselben Zweck auch Salzlösungen nehmen, denen man geringe Mengen von Substanzen beimischt, die eine sichtbare chemische Reaction erzeugen. So sind z. B. concentrirte Magnesiumsulfatlösungen von sehr nahe liegendem specifischen Gewicht, von denen die eine mit einigen Tropfen Eisenalaunlösung, die andere mit Ferrocyankalium versetzt wird, geeignet. Lässt man hier mit denselben Vorrichtungen, welche vorher beschrieben sind, die leichtere Flüssigkeit in die schwerere steigen, so markiren sich die Grenzlinien durch blaue Färbung. Allerdings wird durch die Störung, welche die erste chemische Umsetzung verursacht, bewirkt, dass am Anfang des Stromes eine schraubenlinienartige Windung entsteht. Es ist wahrscheinlich, dass auch bei Anwendung andrer Flüssigkeiten unter den nöthigen Cautelen der Versuch gelingt; die Magnesialösung wurde wegen ihres hohen Reibungscoefficienten gewählt.

§. 9. Schlussfolgerung. Aus früher angestellten Versuchen hat sich ergeben, dass bei chemischen Reactionen ein todter Raum sich zeigt: 1. an der Oberfläche der Flüssigkeit, 2. in der Nähe der festen Wand der Gefässe, und zwar in um so höherem Grade, je grösser das Verhältniss der Wand und der Flüssigkeitsoberfläche zu der von ihnen eingeschlossenen Flüssigkeit ist, am stärksten also in Capillarräumen.

Die in dieser Abhandlung beschriebenen Versuche ergaben, dass die Flüssigkeitsoberfläche einem gegen dieselbe sich bewegenden festen oder flüssigen Körper einen Widerstand in derselben Weise entgegensetzt, wie eine feste Wand. Es muss also in der Nähe der Oberfläche eine verminderte Beweglichkeit der Flüssigkeitstheilchen stattfinden, wie es in der Nähe einer festen Wand der Fall ist. Diese Behinderung der Molecüle wird auch auf diejenigen Molecüle sich erstrecken, welche der chemischen Umsetzung unterliegen, hieraus erklärt sich meiner Ansicht nach das Auftreten des todten Raums in seinen verschiedenartigen Formen.

Was diejenigen Experimentatoren anlangt, die das Phaenomen nicht hervorrufen konnten und hieraus ihre Schlüsse zogen, so wird ihnen, wie ich glaube, bei grösserer Übung der Versuch gelingen, und so das Irrige ihrer Schlussfolgerungen von selbst zu Tage treten. Hr. J. J. Thomson[1] hat den todten Raum zum Gegenstande einer theoretischen Erörterung gemacht und als Consequenz seiner Rechnungen ihn durch Variationen der Oberflächenspannung erklärt. Wenn man auch zugeben kann, dass der von Thomson angezogene Effect zur Erzeugung des todten Raums beitragen kann, so ist er jedenfalls nicht als seine einzige Ursache zu betrachten, da der todte Raum auch an anderer Stelle als an der Flüssigkeitsoberfläche auftritt. Dass nicht bei allen Reactionen die Erscheinung des todten Raums bisher erkannt wurde, findet, wie ich wohl anzunehmen berechtigt bin, darin seine Erklärung, dass der Energie der chemischen Reaction gegenüber die Räume nicht klein genug geschaffen werden konnten, um den Reibungswiderstand zur Geltung zu bringen.

[1] J. J. Thomson Anwendung der Dynamik auf Physik und Chemie. Leipzig 1890. S. 279.

Zur Entwickelung der Affen.

Von Emil Selenka
in Erlangen.

(Vorgelegt von Hrn. Schulze.)

Während eines sechsmonatlichen Aufenthalts auf Java, Borneo und Ceylon habe ich Gelegenheit gefunden, zahlreiche Embryonen verschiedener Säugethiere zu sammeln und zu beobachten. Mein Hauptaugenmerk war auf die Entwickelung der Affen gerichtet. Obwohl meine Untersuchungen über diese Gruppe noch nicht abgeschlossen sind, so vermag ich doch über die Anlage der wichtigsten Embryonalorgane schon jetzt Aufschluss zu geben.

Wenn ich hier einige Thatsachen herausgreife, so ist meine Absicht, einerseits die typische Übereinstimmung der Entwickelungsvorgänge bei allen katarrhinen Geschöpfen, nämlich den Affen der alten Welt so gut als den Menschen, darzulegen, anderseits die Abweichungen gewisser Organanlagan vom typischen Bildungsmodus als caenogenetische zu erweisen. — Eine Anzahl neuer Benennungen wird besonderer Erläuterung nicht bedürfen.

Den Ausgangstypus müssen wir bei denjenigen Affen suchen, deren Keimblase nicht von einer Decidua reflexa umwuchert wird. Hier treten zwei scheibenförmige Placenten auf, nämlich eine über der Rückenfläche des Eilings, und eine zweite an der Ventralseite der Keimblase.

Aus dieser Grundform sind, unabhängig von einander, zwei neue Typen dadurch hervorgegangen, dass die Uterinschleimhaut in Gestalt einer Decidua reflexa die Keimblase frühzeitig umwächst und einkapselt: enthält die Reflexa sowohl Blutgefässe als Uterindrüsen, so kommt es ebenfalls zur Ausbildung von zwei scheibenförmigen Placenten; fehlen aber Gefässe und Drüsen in der Reflexa, so bleibt die zweite Placentaranlage ganz rudimentär und es findet sich nur ein einziger Mutterkuchen.

Eine vierte Art der Placentation vermag ich nur als zufällige Hemmungsbildung zu betrachten, und ich will sie fernerhin ausser

Acht lassen. Ich fand nämlich bei einem fast reifen Fötus des Javaaffen (*Cercocebus cynomolgus*) nur eine Dorsoplacenta entwickelt, während alle anderen Individuen dieser Species auch eine Ventroplacenta besassen. Die mikroskopische Untersuchung ergab jedoch, dass auch eine Ventroplacenta wenigstens der Anlage nach existirte, und zwar in Form von degenerirten Chorionzotten; vermuthlich waren diese Zotten nicht rechtzeitig mit dem Uterusepithel in Berührung gekommen, und in Folge davon gelangte eine Ventroplacenta nicht zur Ausbildung.

Die drei Hauptformen der Placentation lassen sich in Kürze folgendermaassen klarlegen.

A. Ausgangsform. Placenta bidiscoidalis typica. — Die frei im Uterus liegende Keimblase verklebt mit der dorsalen Innenfläche des Tragsacks, und zwar an einer, etwa drei Millimeter grossen Stelle, welche ich als dorsalen Haftfleck bezeichne. Auf der Berührungsfläche der Keimblase mit dem Uterusepithel, d. h. auf der dorsalen Area placentalis, sprossen nun zahlreiche Chorionzotten hervor, dringen in die Uterindrüsen ein und bilden die Anlage der Dorsoplacenta (= Placenta dorsalis). Bald darauf verklebt die inzwischen vergrösserte Keimblase auch mit der gegenüberliegenden Innenfläche die Uteruswand, nämlich am ventralen Haftfleck derselben, und lässt, ebenfalls durch Einwucherung der auf der ventralen Area placentalis sich erhebenden Chorionzotten in die Uterindrüsen, einen zweiten Mutterkuchen entstehen, die Ventroplacenta (= Placenta ventralis). Beide Placenten sind und bleiben nahezu scheibenförmig und werden dauernd getrennt durch ein ringförmiges zottenfreies Chorion laeve circulare, welches schliesslich sich flach an die Uteruswand anlegt und locker mit ihr verschmilzt. Eine Einkapselung der Keimblase durch umwucherndes Gewebe findet nicht statt. — Hierher gehören, so weit meine Erfahrungen reichen, sämmtliche Katarrhinen der alten Welt, mit Ausnahme der Anthropoiden und des Menschen.

B. Placenta bidiscoidalis circumvallata. — Während sich die Placenta dorsalis in gleicher Art anlegt wie beim Ausgangstypus, so erhebt sich hier an den Rändern des dorsalen Haftflecks die Uterinschleimhaut und umwuchert in der Form eines dicken, Blutgefässe und Uterindrüsen mitführenden Mantels die Keimblase vollständig. es entsteht eine dickwandige Membrana decidua reflexa, welche das Ei von der Uterinhöhle abschliesst. Die Chorionzotten, welche danach auch auf der ventralen Hälfte der Keimblase hervorsprossen, finden nun Gelegenheit, in den Uterindrüsen der Reflexa Wurzel zu schlagen und bilden einen zweiten Mutterkuchen, der Ventroplacenta Reflexae heissen mag. — Diese Placentation, welche ich bisher allein beim Hylobates aufgefunden habe, unterscheidet sich

vom Typus A nur dadurch, dass die ventrale Placenta uterina nicht der ventralen, sondern vielmehr der dorsalen Wand des Uterus entstammt.

C. Placenta monodiscoidalis s. discoidalis. — Wie beim Typus B wird die Keimblase vollständig umwuchert von einer Reflexa, welche jedoch sehr dünnwandig ist und weder Gefässe noch Uterindrüsen enthält. Nachdem die Dorsoplacenta in gewöhnlicher Weise angelegt worden ist, erheben sich auch auf der ventralen Seite der Keimblase zahlreiche Zotten, welche aber in der gefäss- und drüsenfreien Reflexa keinen Haft- und Nährboden antreffen und daher bald zu Bindegewebssträngen verkümmern oder zu Grunde gehen. — Hierher gehören, soweit man aus den vorliegenden Publicationen schliessen kann: Chimpanse, Orang utan, Gorilla und Mensch. Die monodiscoidale Placenta dieser Geschöpfe muss demnach der Dorsoplacenta der übrigen Affen homolog erachtet werden, während die Ventroplacenta nur als rudimentäres Embryonalgebilde in Erscheinung tritt, ohne zur Ausbildung zu gelangen.

So gross die Verschiedenheit in der Placentation der drei Typen auch sein mag, so geringfügig erscheinen die Unterschiede in der Entwickelung der übrigen Embryonalhäute und der Eilinge selbst. Überall treffe ich die gleichen Vorgänge, wie durch folgende Thatsachen angedeutet sei.

Die Anlage des Mutterkuchens, sowohl des dorsalen wie des ventralen, ist immer die gleiche. Nach Verschluss des Amnionnabels (ein Proamnion im Sinne VAN BENEDEN's kommt nicht vor) wuchert das aus cubischen Zellen bestehende Chorionektoderm in Gestalt von hohlen Zotten, deren Weitung immer von lockerem Mesodermgewebe ausgefüllt ist, in die Uterindrüsen des Haftflecks hinein. Chorionektoderm und Drüsenepithel legen sich stets überall fest und untrennbar an einander, und weder das eine noch das andere verschwindet während der Tragzeit. Wohl aber ändert sich gar bald die Form des Drüsenepithels mit dem Wachsthum der Uterindrüsen; indem letztere sich ausweiten und verästeln, verflacht sich ihr Epithel zu einer dünnen Membran, welche bald vom mütterlichen Blute direct umspült wird. Das Chorionektoderm dagegen behält die cubische Zellform bei, indem es unter lebhafter Vermehrung seiner Elemente den Drüsentaschen folgt. Die mit dem Blute des Mutterthiers angefüllten cavernösen Räume der Placentae uterinae sind ohne allen Zweifel als erweiterte Capillaren, keineswegs als »intraplacentare Spalträume« aufzufassen. — Schon TURNER u. A. haben hervorgehoben, dass die Structur der Affenplacenta eine auffallende Übereinstimmung zeigt mit der Placenta des Menschen. Das ist vollkommen richtig: jedoch irrte TURNER, sowie einige andere Forscher, darin, dass sie das Chorionektoderm für das Drüsenepithel ansahen.

Noch eine ganze Reihe anderer, höchst sonderbarer Embryonalbildungen sind den katarrhinen Affen und dem Menschen gemeinsam und unterscheiden sie von den übrigen Säugethieren. Diese Sonderbildungen fügen sich zwanglos unter bekannte Gestaltungsgesetze, indem sie auf Bildungshemmungen, auf Hypertrophieen, auf locale oder heterochronische Verschiebungen zurückzuführen sind. Einige dieser Umformungen treten übrigens auch innerhalb der Reihe anderer Säugethiergruppen vereinzelt auf; die hier noch zu besprechenden caenogenetischen Vorgänge sind daher nicht ohne alle Analogie.

Um das Eigenartige der Embryonalanlagen bei den Katarrhinen in's rechte Licht zu setzen, will ich eine jüngere Keimblase des Lutung (Semnopithecus maurus) in der Kürze beschreiben.

Die $4^{1}/_{2}{}^{mm}$ grosse Keimblase besitzt nahezu die Gestalt eines flachen Kegels, dessen Durchmesser doppelt so gross als seine Höhe, und dessen Spitze abgerundet ist. Seine schwach convexe Basis erscheint glatt, während die ganze Oberfläche des Kegelmantels hunderte von verästelten Zotten trägt, welche bereits tief in die Uterindrüsen eingedrungen sind. Der Kegel birgt eine geräumige Höhle (Interamnionhöhle oder Exocoelom), mit gerinnbarer Flüssigkeit erfüllt. Die Wandung des Kegels ist aus zwei untrennbar vereinigten Blättern zusammengesetzt: 1. dem äusseren einschichtigen Chorionektoderm und 2. einem inneren mehrschichtigen, der Somatopleura zugehörigen, lockeren Gewebe, welches im Bereiche der Kegelbasis schmächtig ist, unter dem Kegelmantel aber stärker wird und innerhalb der Kegelspitze zu einem dicken Polster anschwillt. Auf diesem Polster ruht die ganze, $^{1}/_{2}{}^{mm}$ grosse Embryonalanlage nebst Dottersack, frei in die Binnenhöhle vorragend. Um ihre Gestalt zu beschreiben, will ich zu einem Vergleiche greifen. Man denke sich das spitzere Ende eines Vogeleies zipfelig etwas ausgezogen, dann das Ei selbst der Länge nach halbirt und beide Hälften in der Längsachse ein wenig übereinander verschoben. Der vorragende stumpfe Eiabschnitt wäre dem Kopfende des zukünftigen Embryo gleichzustellen, und diese Eihälfte entspräche dem flachen Fruchthofe nebst überwölbendem Amnion; die andere Eihälfte stellt den Dottersack vor. Die Verbindung dieses Gebildes mit der äusseren Eihülle oder dem Chorion[1] bewerkstelligt das Amnion, dessen äussere Lamelle, die Somatopleure, unmittelbar in das erwähnte Mesoderm-

[1] Unter dem Namen Chorion verstehe ich die embryonale äussere Eihülle, ıe Rücksicht auf ihren histologischen Bau. unter Allantoischorion denjenigen ›schnitt des Chorion, mit welchem das Gewebe der Allantois verschmolzen ist, unter ottersackchorion das mit der Dottersackwand verwachsene Chorion. (Vergl. LENKA, Studien zur Entwickelungsgeschichte der Thiere. IV. Heft.)

polster des Chorion übergeht; dagegen ragt der von der Splanchnopleura überzogene Dottersack frei in das Exocoelom hinein.

Scheint auf diese Weise die ganze Embryonalanlage nur durch Vermittelung des Amnion in situ gehalten, so betheiligt sich doch, wenn auch nur in geringem Grade, die Splanchnopleure ebenfalls an der Verbindung der Frucht mit dem Chorion, indem der Allantoishöcker, welcher jetzt noch eine kappenartige Wucherung um das zipfelige Ende des Dottersacks bildet, an dem Mesodermpolster hinabzuwachsen beginnt. — Von Blutbahnen waren nur die Herzanlage und einige Gefässe des Dottersacks nachweisbar.

Wenn ich die hier mitgetheilten Befunde von der Beschaffenheit der Hüllen und Anhänge des Embryo's zusammenstelle mit jenen Ergebnissen, welche ich an vielen anderen, jüngeren und älteren Keimblasen gewonnen habe, so entrollt sich folgendes Bild der Entwickelung.

Nachdem die junge, $1/_2$ mm grosse Keimblase locker mit dem Uterusepithel des Haftflacks verklebt ist, nimmt sie schnell an Grösse zu; zugleich dehnen sich die Coelomsäcke aus, drängen einerseits den Dottersack, welcher mit dem beschleunigten Wachsthum nicht gleichen Schritt hält, vollständig vom Chorion ab, und führen andererseits die Verschmelzung der Amnionfalten herbei Durch diese Processe müsste offenbar das ganze Embryonalgebilde vom Chorion gänzlich losgetrennt werden, wenn nicht eine dauernde Verbindungsbrücke zwischen Frucht und Chorion erhalten bliebe im Amnionstiel! Die Ektodermplatte des Amnion schnürt sich freilich vollständig vom Chorionektoderm ab, aber die Somatopleure der beiden Amnionfalten (des Kopf- und Rumpfamnion) vermittelt als Nabelstiel dauernd den Zusammenhang mit der äusseren Keimhülle. Dies ist das oben beschriebene Mesodermpolster. Der Amnionstiel besitzt schon von Anfang an eine bedeutende Dicke, welche fast dem Durchmesser des Amnion gleichkommt; er liegt nicht genau vertical über dem Fruchthofe, sondern lässt die ganze Kopfpartie des Amnions frei, umfasst dagegen noch dessen zipfeliges Ende, welches auch das Hinterende des Fruchthofs enthält.

Der Amnionstiel wird aber bald noch verstärkt durch den Allantoisstiel, dessen Splanchnopleura (Allantoishöcker) an dem Amnionstiel hinabwuchert und damit zugleich die Gefässkeime in das Chorion befördert. Eine Höhlung erhält der Allantoisstiel später erst dadurch, dass ein sehr dünner, kurzer entodermaler Schlauch in denselben hineinwächst.

Diese vereinigten Stiele des Amnions und der Allantois könnte man als Embryonalstiel oder Haftstiel, bezeichnen. Mit [illegible] Grössenzunahme des Embryo's verlängert und verdickt sich der [illegible] stiel; er rückt allmählich an das Hinterende des Körpers und [illegible]

lich sogar auf dessen Bauchseite, um nunmehr jenes Gebilde darzustellen, welches His bei den menschlichen Embryonen Bauchstiel genannt hat.

Der His'sche »Bauchstiel« ist daher nichts anderes, als der, durch den Allantoisstiel verstärkte und vom Rücken auf die Bauchseite verlagerte Amnionstiel! Der Bauchstiel wird schliesslich zum Nabelstrang, indem sich demselben noch der Dottersackstiel anlagert und das Amnion die drei Stiele der ganzen Länge nach vollständig umhüllt.

All diese Bildungen, welche mit den bei menschlichen Früchten beobachteten gut übereinstimmen, lehren, dass einige Embryonalorgane bei Affe und Mensch theils frühzeitiger, theils später zur Entfaltung kommen, als dies bei anderen Säugethieren der Fall ist. Zu den vorfrühen Bildungen gehören 1. die zahlreichen Chorionzotten; 2. die Coelomsäcke, durch deren Ausbreitung frühzeitig der Dottersack abgehoben und das Amnion geschlossen wird; 3. der Allantoisstiel. — Umgekehrt erscheinen als zeitlich zurückbleibende Gebilde 1. der Dottersack. Zwar schnürt er sich früh von der Keimblasenwand ab, aber sein Gefässnetz entwickelt sich erst spät. Da er seiner ursprünglichen Function als Athem- und Nährorgan gänzlich enthoben ist, muss er als rudimentäres Organ betrachtet werden. In das Chorion entsendet er niemals Gefässe, denn alle Blutbahnen des Chorions sind ausschliesslich Allantoisgefässe; 2. verzögert ist ferner das Auftreten einer Allantoishöhle, und 3. die Differenzirung des Fruchthofs. — Als eigenartige Sonderbildungen wären zu nennen: 1. das lockere Gewebe der Somatopleura, welches das Chorion austapezirt; 2. der persistirende Amnionstiel; 3. die Ausweitung des Amnions und seine Verwachsung mit dem Chorion; 4. die Degradirung des Dottersacks zum rudimentären Organ; 5. die Anlage zweier, einander gegenüberliegender Placenten, von denen die eine jedoch rudimentär bleiben kann; 6. Festheftung des nichtplacentalen Theils der Fruchtkapsel — sei dieselbe Chorion laeve oder Decidua reflexa — an die umgebende Uteruswand.

Eine ausführliche Darlegung der hier skizzirten Ergebnisse und Betrachtungen wird im VI. Hefte meiner »Studien zur Entwickelungsgeschichte« baldigst veröffentlicht werden.

Ausgegeben am 4. December.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

27. November. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Mommsen.

Hr. Schrader las: Die Datirung der babylonischen sogenannten Arsacideninschriften.

Die Mittheilung erscheint in einem der nächsten Berichte.

Ausgegeben am 4. December.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHA

ZU BERLIN.

4. December. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Mommsen.

1. Hr. von Hofmann las: Neue Untersuchungen über Äthylenbasen.

2. Derselbe legte eine Mittheilung des Hrn. Pr G selbst vor: Zur Kenntniss bromhaltiger Amine reihe.

Beide Mittheilungen folgen umstehe .

3. Die philosophisch-historische C l l : Hrn. Prof. Dr. Gerhardt in Eisleben zur H 7. Leibniz' philosophischen Schriften; 180 rk d Ve e G. Reimer hierselbst, zur Herausgabe des 10. He s 5. s »etruskischen Spiegel«.

Neue Untersuchungen über die Äthylenbasen.

Von A. W. von Hofmann.

I.

Diäthylendiamin und Triäthylentetramin.

Ein eigenthümliches Zusammentreffen von Umständen ist mir Veranlassung gewesen, noch einmal auf Versuche zurückzukommen, mit denen ich mich bereits vor mehr als dreissig Jahren beschäftigt habe.

Unter dem Namen Spermin ist eine Base bekannt, welche von verschiedenen Forschern in thierischen Secreten, zumal im leukämischen Blute, dann aber auch von Leyden[1] in dem Auswurfe bei Asthma bronchiale, endlich von Ph. Schreiner[2] in der Samenflüssigkeit beobachtet worden ist. Letzterer hat auch eine sehr sorgfältige und im Hinblick auf die Schwierigkeiten, welche solche Arbeiten bieten, höchst bemerkenswerthe Untersuchung des Körpers ausgeführt. Seine Analysen des salzsauren und des Goldsalzes stimmen genau auf die Formeln $C_2H_5N.HCl$ und $C_2H_5N.HCl.AuCl_3$.

Später haben Ladenburg und Abel[3] bei der Destillation des salzsauren Äthylendiamins in kleiner Menge einen Körper erhalten, welchen sie Äthylenimin nannten, dessen Untersuchung zu denselben Resultaten führte, welche der Schreiner'sche Körper geliefert hatte. Die Dampfdichte zeigte aber unzweifelhaft, dass das Äthylenimin eine doppelt so grosse Moleculargrösse besitzt, wie die von Schreiner angenommene. Eine sorgfältige Vergleichung der Eigenschaften des Äthylenimins mit denen des Spermins führte die genannten Chemiker zu dem Schlusse, dass die ausserordentliche Ähnlichkeit beider Körper ihre Identität in hohem Grade wahrscheinlich mache, sie glauben dieselbe aber noch nicht mit Sicherheit behaupten zu können. In einer späteren kurzen Notiz[4] kommen sie noch einmal auf das Äthylenimin zurück und werfen im Hinblick auf die Dampfdichtebestimmung

[1] Leyden, Arch. für path. Anat. LIV, 324.
[2] Ph. Schreiner, Lieb. Ann. CXCIV, 68.
[3] Ladenburg und Abel, Ber. Chem. Ges. XXI, 748.
[4] Dieselben, a. a. O. 2706.

des letztgenannten Körpers die Frage auf, ob das Äthylenimin mit dem Diäthylendiamin identisch sei. Sie haben zur Entscheidung dieser Frage das Diäthylendiamin durch Einwirkung von Äthylenchlorid auf Äthylendiamin dargestellt, sprechen aber nach vorläufigen Versuchen schliesslich die Ansicht aus, dass beide Verbindungen nicht identisch sind, obwohl sie noch keine bestimmte Erklärung darüber abgegeben, sondern weitere Versuche anstellen wollen.

Noch später ist eine Angabe über denselben Gegenstand von Sieber[1] erschienen, welcher das Spermin und Äthylenimin als von dem Diäthylendiamin bestimmt verschieden erklärt.

Der Schreiner'schen Base waren von verschiedener Seite, so zumal von Brown-Séquard bemerkenswerthe physiologische Eigenschaften zugeschrieben worden. Unter diesen Umständen musste die Mittheilung[2], dass es der berühmten chemischen Fabrik auf Actien, vormals Schering, gelungen sei, das Spermin synthetisch darzustellen, dass das salzsaure Salz dieser Base im Zustand der Reinheit im Handel vorliege, das Interesse medicinischer sowohl wie pharmaceutischer Kreise in Anspruch nehmen.

Diäthylendiamin.

Als mir vor einigen Wochen eine kleine Probe der neuen Base zu Gesicht kam, wurde ich sofort lebhaft an einen Körper erinnert, den ich vor nahezu dreissig Jahren in den Händen gehabt hatte, nämlich an das bei der Einwirkung von Ammoniak auf Chlor- oder Bromäthylen entstehende Diäthylendiamin. Nach einigen Versuchen konnte ich nicht zweifeln, dass hier mehr als eine zufällige Ähnlichkeit vorlag.

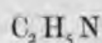
Hr. Dr. J. F. Holtz, der Director der genannten Fabrik, dem ich meine Wahrnehmung mittheilte, hatte die Güte, mir mit gewohnter Liebenswürdigkeit ein Paar Gramm der in den Werkstätten der Fabrik gewonnenen Substanz, die aber nicht mehr als Spermin, sondern als Piperazidin (wohl richtiger Piperazin?) bezeichnet war, zur Verfügung zu stellen, so dass ich eine genauere Vergleichung der in Frage stehenden Verbindungen vornehmen konnte. Das Ergebniss dieser Vergleichung ist die Erkenntniss, dass das mir von Hrn. Dr. Holtz übersendete Spermin oder Piperazidin mit dem Diäthylendiamin identisch ist.

Der Grund, weshalb man diese Identität nicht sofort erkannt hat, muss in der unvollkommenen Beschreibung gesucht werden, welche bisher von dem Diäthylendiamin vorlag.

---

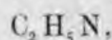
[1] Sieber, Ber. Chem. Ges. XXIII, 326.
[2] Pharmaceutische Zeitung 1890 No. 87. S. 677.

In der Literatur wird das Diäthylendiamin gewöhnlich als eine bei 170° siedende Flüssigkeit beschrieben.[1] Cloëz,[2] welcher zuerst die Einwirkung von Ammoniak auf Äthylenbromid studirte, beschreibt unter dem Namen Acetyliak eine flüssige Base, welche er durch die Formel



$$C_2H_5N$$

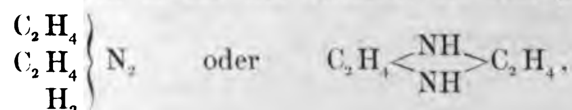
darstellt und deren Siedepunkt bei 200° angegeben wird. Natanson[3], welcher später das Verhalten des Äthylenchlorids gegen Ammoniak untersuchte, erhielt gleichfalls eine flüssige, von ihm Acetylamin genannte Base von der Zusammensetzung



$$C_2H_5N,$$

welche erst bei 218° siedete.

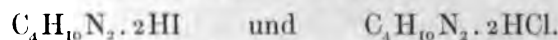
Als ich später die Erforschung dieser Körper aufnahm, fand ich in den Reactionsproducten zwischen Ammoniak und Äthylenchlorid oder Äthylenbromid gleichfalls einen Körper von der oben gegebenen Zusammensetzung, allein ich konnte denselben im Hinblick auf die allgemeinen Ergebnisse der Untersuchung nicht mehr als Acetylamin gelten lassen, sondern musste ihn vielmehr als Diäthylendiamin,



$$\left.\begin{matrix} C_2H_4 \\ C_2H_4 \\ H_2 \end{matrix}\right\} N_2 \qquad \text{oder} \qquad C_2H_4 < \begin{matrix} NH \\ NH \end{matrix} > C_2H_4,$$

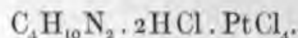
wie wir heute schreiben würden, betrachten.[4]

Ich habe das Diäthylendiamin damals aus den Rohbasen in der Weise gewonnen, dass ich die bei etwa 170° siedende Fraction besonders aufsammelte und in das jodwasserstoffsaure oder salzsaure Salz verwandelte. Die Salze wurden mehrfach aus verdünntem Alkohol umkrystallisirt und zeigten alsdann die Zusammensetzung beziehungsweise des jodwasserstoffsauren und salzsauren Diäthylendiamins. Die erhaltenen Zahlen stimmten auf die Formeln



$$C_4H_{10}N_2 . 2HI \qquad \text{und} \qquad C_4H_{10}N_2 . 2HCl.$$

Letzteres lieferte ein schönes, schwerlösliches Platinsalz von der Zusammensetzung



$$C_4H_{10}N_2 . 2HCl . PtCl_4.$$

Diese Ergebnisse hatten begreiflich keine Beweiskraft für die Diaminnatur der Base, da man durch Halbirung der Formel $C_4H_{10}N_2$ einfach auf den von Cloëz und Natanson gegebenen Ausdruck gelangt.

[1] Beilstein (2) I, 919.
[2] Cloëz, Instit. 1843, 213.
[3] Natanson, Lieb. Ann. XCII, 48; XCVIII, 291.
[4] Hofmann, R. Soc. Proc. X, 224.

Ein entscheidendes Ergebniss musste die Gasvolumgewichtsbestimmung liefern; zu dem Ende wurde die Base aus dem salzsauren Salze in Freiheit gesetzt und mehrfach über Baryt destillirt. Bei dieser Gelegenheit wurde das Diäthylendiamin zum ersten Male in starrem Zustande beobachtet. Die nach dem Verfahren von Gay-Lussac ausgeführte Bestimmung gab keine besonders scharfe Zahl, die aber gleichwohl hinreichte, die Frage zu entscheiden. Das Gasvolumgewicht wurde zu 39 gefunden,[1] während die Diaminformel 43 verlangt. Ein nach der Ansicht von Cloëz und Natanson constituirter Körper würde das Gasvolumgewicht von 21.5 geliefert haben.

Ganz unzweifelhaft für die Natur des Diäthylendiamins war indessen das Verhalten der Base gegen Äthyljodid.[2] Durch geeignete Behandlung mit diesem Agens verwandelte sich die von mir als Diäthylendiamin ausgesprochene Base in folgende Jodverbindungen:

a) $(C_2H_4)_2(C_2H_5)_2N_2 \,.\, 2\,HI.$

b) $(C_2H_4)_2(C_2H_5)_2N_2 \,.\, \left\{ \begin{matrix} C_2H_5I. \\ HI. \end{matrix} \right.$

c) $(C_2H_4)_2(C_2H_5)_2N_2 \,.\, 2\,C_2H_5I.$

Eine Verbindung b war nur denkbar, wenn die in Frage stehende Base Diäthylendiamin war.

Wenn man im Hinblick auf die vorstehend citirten Versuche die Natur des Diäthylendiamin als mit Sicherheit festgestellt betrachten durfte, so waren die Eigenschaften der freien Base bisher so gut wie unbekannt geblieben. Ich hatte die Base, wie bereits bemerkt, einmal im starren Zustande beobachtet, allein die Substanz war nicht hinreichend rein, um eine Bestimmung des Schmelzpunkts oder des Siedepunkts auszuführen.

Ein glücklicher Zufall hat mich in den Stand gesetzt, die Geschichte des Diäthylendiamins in der angedeuteten Richtung zu vervollständigen.

Bei Darstellung einer grösseren Menge von Äthylenbasen durch Einwirkung von Ammoniak auf Äthylenchlorid sowohl als auf Äthylenbromid hatte sich aus dem Gemisch basischer Öle, welche aus dem Rohproduct durch Alkali in Freiheit gesetzt worden war, während der Ferien eine blätterige Krystallisation ausgeschieden, welche als Diäthylendiamin angesprochen werden konnte. Etwas mehr von diesen Krystallen wurde gewonnen, als das Rohproduct behufs Gewinnung des Äthylendiamins der Destillation unterworfen wurde. Aus dem nach Abscheidung des Äthylendiamins zwischen 130 und 180°

[1] Hofmann, R. Soc. Proc. X, 231.

[2] Derselbe, a. a. O. XI, 278.

siedenden Öle sonderte sich eine etwas grössere Menge der Krystalle ab. Die Quantität war aber im Verhältniss zu der Menge der übrigen basischen Öle stets eine geringe, so dass die Darstellung des Diäthylendiamins immer noch mit grossen Schwierigkeiten verbunden ist.

Die ausgeschiedenen Krystalle wurden durch Absaugen von der anhängenden Flüssigkeit getrennt, möglichst schnell zwischen Fliesspapier gepresst und dann geschmolzen längere Zeit mit Kalihydrat digerirt. Es ergab sich, dass noch etwas Wasser entfernt wurde. Von dem Kalihydrat abgegossen, zeigte die Base nunmehr einen annähernd constanten Siedepunkt bei 137°. Allein metallisches Natrium mit der geschmolzenen Base in Berührung gebracht, entwickelte noch deutlich Wasserstoffgas. Der Körper wurde daher noch ein paar Stunden lang mit Natrium im Wasserbade digerirt, bis jede Gasentwickelung aufgehört hatte. Die so gereinigte Base siedete nunmehr (von Platin aus) constant bei 145—146°. Bei rascher Abkühlung zeigt der Dampf der Base ein eigenthümliches Verhalten. Bringt man z. B. in eine mit dem Dampfe der Base erfüllte Retorte einen kalten Glasstab, so hüllt sich derselbe sofort in eine Wolke leicht beweglicher schillernder Blättchen. Der Schmelzpunkt des Diäthylendiamins liegt bei 104°. Bei Bestimmung desselben beobachtet man in der geschmolzenen Masse stets einige Filamente, welche erst bei etwas höherer Temperatur, etwa 114° verschwinden. Ich bin geneigt, diese Erscheinung der Gegenwart von Spuren des Carbonats, dessen Bildung sich schwer völlig vermeiden lässt, zuzuschreiben. Die geschmolzene Base erstarrt beim Erkalten zu einer schneeweissen harten Krystallmasse. Sie zerfliesst in feuchter Luft ziemlich schnell. Die Base ist, wie das Äthylendiamin, ausserordentlich löslich in Wasser; die Lösung ist stark alkalisch. Auch in absolutem Alkohol löst sie sich; beim Verdampfen desselben werden grosse durchsichtige Krystalle erhalten. In Äther ist sie unlöslich, die Lösung in absolutem Alkohol wird durch absoluten Äther nicht gefällt. Um zu entscheiden, ob das wasserfreie Diäthylendiamin vorlag, wurde eine Stickstoffbestimmung ausgeführt. Die wasserfreie Base enthält 32.56 Procent; gefunden wurden 32.75 Procent. Das Gasvolumgewicht des wasserfreien Diäthylendiamins auf Wasserstoff bezogen beträgt 43. Bei der Dampfdichtebestimmung in der Barometerleere wurde 40.3 gefunden.

Die mir von Hrn. Dr. Holtz übersandte Base zeigte sämmtliche oben angegebenen Eigenschaften. Die Krystalle enthielten noch Wasser. Wahrscheinlich bildet das Diäthylendiamin wie das Äthylendiamin ein Hydrat. Durch Kalihydrat und schliesslich durch metallisches Natrium entwässert, schmilzt die Substanz bei 104° und



$$C_{18}H_{18}N_2O_2 = (C_2H_4)_2(C_7H_5O)_2N_2$$

	Theorie	Versuch
C	73.47	73.29
H	6.12	6.37

Als man den Versuch mit der fabrikatorisch gewonnenen Base anstellte, wurden genau dieselben Erscheinungen beobachtet. Die Benzoylverbindung liess sich von der aus dem Diäthylendiamin dargestellten nicht unterscheiden. Sie schmilzt ebenfalls bei 191°. Mit concentrirter Salzsäure auf 180° erhitzt spaltet sich die Benzoylverbindung vollständig in Benzoesäure und Diäthylendiamin. Die Zerlegung erfolgt zum grossen Theil auch schon bei 100°.

Für die Entscheidung von Fragen bezüglich der Identität von Körpern, welche sich benzoyliren lassen, leistet die Benzoylirung in alkalischer Lösung vorzügliche Dienste. Ich beabsichtige, dieselbe auch auf das Äthylenimin anzuwenden.

Das Diäthylendiamin ist in mehr als einer Beziehung ein interessanter Körper, der jedenfalls eine genauere Untersuchung verdient. Seine Gewinnung als Nebenproduct bei der Darstellung des Äthylendiamins ist immer noch mit erheblichen Schwierigkeiten verknüpft. Auch bei der Einwirkung von Äthylenbromid auf Äthylendiamin, welche den Körper in reichlicher Menge liefern sollte, entstehen, wie weiter unten gezeigt werden soll, fast überwiegend andere Verbindungen. Es wäre erwünscht, wenn das von der mehrfach erwähnten Fabrik eingeschlagene, noch nicht veröffentlichte Verfahren den in Rede stehenden Körper leichter und billiger zu liefern vermöchte. Hierfür ist einige Aussicht gegeben, insofern nach neuesten Mittheilungen[1] das Diäthylendiamin Eigenschaften besitzt, welche seine Gewinnung in grösserem Maassstabe wünschenswerth erscheinen lassen. Der Base ist in hohem Grade die Fähigkeit eigen, die Harnsäure zu lösen. Sie soll 12 mal soviel Harnsäure lösen als das Lithiumcarbonat. Dem Diäthylendiamin ist daher möglicherweise noch eine therapeutische Zukunft vorbehalten.

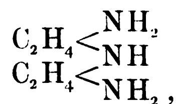
Triäthylentetramin.

Die vorstehend beschriebenen Versuche sind mir Veranlassung gewesen, das unvollendet gebliebene Studium auch der hochsiedenden Äthylenbasen wieder aufzunehmen. Bekanntlich zeigen die basischen Öle, welche bei der Einwirkung von Kaliumhydrat auf das bei der Behandlung von Äthylenbromid mit Ammoniak entstehende Reactionsproduct in Freiheit gesetzt werden, einen continuirlich stei-

[1] Pharm. Centr. Halle 1890. Nr. 48, S. 714.

genden Siedepunkt, der sich bis über die Grenze des Quecksilberthermometers erhebt. Die Reindarstellung des bei 117—121° siedenden Äthylendiamins bietet keine besondere Schwierigkeit; es bedarf schon einer mehrfach wiederholten fractionirten Destillation um das, wie man jetzt weiss, bei 146° siedende Diäthylendiamin im krystallisirten Zustande zu erhalten. Bei dieser Fractionirung erkennt man unschwer, dass jenseits 200° wieder ein constanter Siedepunkt liegt. Aus der zwischen 200° und 225° siedenden Fraction entsteht nach Zusatz von Chlorwasserstoffsäure ein gut krystallisirtes Salz.

Dieses Salz besteht zum grossen Theile aus dem Chlorhydrat des Diäthylentriamins



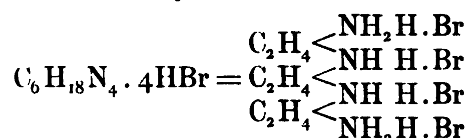
welches ich schon früher beschrieben habe.[1] Im Laufe der heute mitzutheilenden Versuche habe ich diesen Körper in grösserer Menge gewonnen und Gelegenheit gehabt, die früher mit kleineren Quantitäten angestellten Beobachtungen allseitig zu bestätigen. Es sind aber auch, wie dies bei Wiederholung von vor langer Zeit gemachten Versuchen nicht wohl anders erwartet werden konnte, einige neue Erscheinungen wahrgenommen worden, so dass ich demnächst wohl auch noch einmal auf das Triamin zurückzukommen haben werde.

Lässt man auf die jenseits 225° siedende Fraction der Basen Salzsäure einwirken, so zeigt das Auftreten von Krystallen, dass auch die nunmehr übergehenden Basen erhebliche Mengen von Diäthylentriamin enthalten, der Gehalt nimmt aber mit dem steigenden Siedepunkte ab, und die zwischen 250 und 300° siedenden Öle liefern bei der Behandlung mit Salzsäure nur noch auf Zusatz von Weingeist ein öliges allmählich krystallinisch erstarrendes Chlorhydrat. Dagegen verdickt sich die genannte Fraction beim Abdampfen mit einem Überschusse concentrirter Bromwasserstoffsäure zu einem Syrup, welcher bald undurchsichtig wird und nach kurzer Frist krystallinisch erstarrt. Das so erhaltene Bromhydrat ist ausserordentlich löslich in Wasser, unlöslich in Alkohol. Um die Krystalle rein zu erhalten, werden sie mit einer kleinen Menge von Weingeist angerührt und durch Absaugen von einer braungefärbten Mutterlauge getrennt. Durch Waschen mit Weingeist wird ein vollkommen farbloses aus kleinen Krystallen bestehendes Bromhydrat gewonnen, welches durch nochmaliges Auflösen in wenig Wasser und Zusatz von Alkohol in guten Krystallen von vollkommener Reinheit erhalten wird.

---

[1] Hofmann R. Soc. Proc. XI. 420.

Die weiter unten anzuführende Analyse lässt in den Krystallen das Tetrabromhydrat einer triäthylenirten Tetraminbase[1] von der Formel

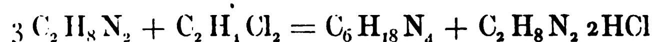


$$C_6H_{18}N_4 . 4HBr = \begin{matrix} C_2H_4 < \begin{matrix} NH_2H.Br \\ NH\ H.Br \end{matrix} \\ C_2H_4 < \\ C_2H_4 < \begin{matrix} NH\ H.Br \\ NH_2H.Br \end{matrix} \end{matrix}$$

erkennen, welche offenbar auf die Art zu Stande gekommen ist, dass eine Äthylengruppe 2 Mol. Äthylendiamin mit einander verankert hat, der Bildung des obengenannten Diäthylentriamins ähnlich, welches seine Entstehung der Verschmelzung von 1 Mol. Äthylendiamin und 1 Mol. Ammoniak durch die Äthylengruppe verdankt.

War diese Auffassung die richtige, so musste das Tetramin sofort und in reichlicher Menge bei der Einwirkung von Äthylenchlorid oder -bromid auf Äthylendiamin gebildet werden. Diese Erwartung ist denn auch durch den Versuch in erwünschter Weise bestätigt worden. Allerdings entsteht das Tetramin nicht ausschliesslich, sondern es kommen gleichzeitig verschiedene andere Basen, insbesondere Diäthylendiamin zu Stande, auch ist das Verhältniss, in dem man die beiden Substanzen auf einander einwirken lässt, nicht ohne Einfluss auf die Ausbeute.

Befriedigende Ergebnisse wurden erhalten, als man 2 Gew.-Th. Äthylenchlorid auf 5 Gew.-Th. Äthylendiaminhydrat einwirken liess. Dies Verhältniss entspricht annähernd 1 Mol. Äthylenchlorid auf 3 Mol. Äthylendiamin und man konnte daher die Phase der Reaction, welche die Bildung der Tetraminbasen veranlasst, durch die Gleichung



$$3\,C_2H_8N_2 + C_2H_4Cl_2 = C_6H_{18}N_4 + C_2H_8N_2\,2HCl$$

ausdrücken: allein aus dem Umstand, dass die Flüssigkeit am Schlusse der Reaction neutral ist, erhellt schon, dass eine erhebliche Quantität des Chloräthylens zur Bildung hochgegliederter Basen verwendet werden muss, wodurch die zur Sättigung des Tetramins erforderliche Säure geliefert wird. Bei der Digestion beider Substanzen im Wasserbade am Rückflusskühler wurde noch etwas Wasser zugesetzt. Nach zwölf Stunden war das Chloräthylen verschwunden und die Flüssigkeit neutral geworden.

Das Reactionsproduct wurde nunmehr mit Kalihydrat behandelt, wodurch eine erhebliche basische Ölschicht in Freiheit gesetzt ward, welche man durch festes Kalihydrat in der Wärme entwässerte und der Destillation unterwarf. Das Öl siedete von 120° bis etwa 300°, erwies sich also als ein complexes Gemenge. Bei einer zweiten

[1] Die Existenz eines solchen Tetramins hab' ich schon früher flüchtig angedeutet. Vgl. R. Soc. Proc. XI. 424.

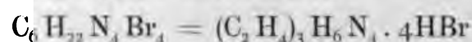
Destillation wurde die Flüssigkeit, welche zwischen 120° und 200° siedete, besonders aufgesammelt. Sie enthielt Äthylendiamin, Diäthylendiamin, welches bei der fractionirten Destillation auskrystallisirte, und andere Producte. Da in dem hier vorliegenden Gemenge von Basen das bei der Einwirkung von Chloräthylen auf Ammoniak entstehende Triamin nicht enthalten sein konnte, so wurde die zwischen 200° und 300° siedende Fraction sofort mit etwas Wasser gemischt, wobei starke Erwärmung eintrat, und mit Salzsäure gesättigt.

Auf Zusatz von Weingeist zu dieser Lösung fiel ein weisses krystallinisches Salz. Bisweilen schied sich dieses Salz zunächst als Öl aus, welches aber allmählich erstarrte. Indem man das Salz wiederholt in Wasser löste und mit Alkohol fällte, wurde eine Reinigung desselben bewerkstelligt. Als die Base aus diesem Salze mit Silberoxyd in Freiheit gesetzt und die alkalische Flüssigkeit mit Bromwasserstoffsäure gesättigt ward, entstand, wie die Analyse zeigte, dasselbe Bromhydrat, welches bei der directen Behandlung der zwischen 250° und 300° siedenden Fraction der durch Einwirkung von Äthylenchlorid auf Ammoniak entstehenden Basen mit Bromwasserstoffsäure erhalten worden war.

Triäthylentetramin. Aus dem Bromhydrat, dessen Reinheit durch die weiter unten angeführte Analyse festgestellt worden war, wurde die Base durch concentrirte Natronlauge in Freiheit gesetzt. Sie stieg als schwach gefärbte Flüssigkeit in die Höhe und wurde durch Kalihydrat in der Wärme zu entwässern versucht. Die Flüssigkeit, welche auf diese Weise gewonnen wurde, war aber noch ein Hydrat, welches sich aber sofort bei der Destillation spaltete. Die Base siedete zunächst bei 100°, indem Wasser mit sehr wenig Base überging, dann stieg plötzlich der Siedepunkt auf 266—267°; die nunmehr destillirende Base war das wasserfreie Tetramin: mit Natrium in Berührung entwickelte es nur noch Spuren von Wasserstoff. Die freie Base ist ein farbloser zäh-flüssiger, aber schon bei gelindem Erwärmen leichtflüssig werdender Körper, welcher sich unter starker Wärmeentwickelung im Wasser löst. Die Lösung hat eine stark alkalische Reaction und zieht mit Begierde Kohlensäure an. Bei 15° besitzt die Base das Vol. Gew. 0.9817; in einer Kältemischung von beiläufig — 18° erstarrt sie zu einer strahlig-krystallinischen Masse, welche bei + 12° wieder völlig geschmolzen ist. Ihre Zusammensetzung wurde durch die Analyse des Bromhydrats, Chlorhydrats, des Platin- und des Goldsalzes und der Benzoylverbindung festgestellt.

Bromwasserstoffsaures Triäthylentetramin. Es ist von allen Salzen, die ich studirt habe, das schönste. Seine Darstellung ist bereits oben beschrieben worden. Zu bemerken ist, dass die Lösung, aus der

man es gewinnen will, freie Bromwasserstoffsäure enthalten muss. Fast unbegrenzt löslich in Wasser, wird es von absolutem Alkohol kaum gelöst. Am schönsten krystallisirt es aus heissem verdünnten Weingeist. Bei den folgenden Analysen wurde für I und II Salz aus Äthylendiamin, für III Salz aus Ammoniak verwendet. Ihre Ergebnisse führen unzweideutig zu der Formel:

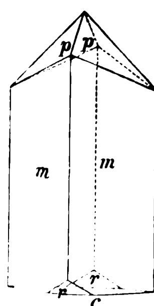


$$C_6H_{22}N_4Br_4 = (C_2H_4)_3H_6N_4 . 4HBr$$

	Theorie		Versuch I	Versuch II	Versuch III
C_6	72	15.32	15.42	—	—
H_{22}	22	4.68	4.73	—	—
N_4	56	11.92	—	—	—
Br_4	320	68.08	—	68.14	68.20
	470	100.00			

Diese Zahlen beziehen sich auf das bei 100° getrocknete Salz. Das aus verdünnten Alkohol krystallisirte Salz enthält 1 Mol. Wasser. Gefunden wurde 3.62 und 3.94 Procent. Die Theorie verlangt 3.67 Procent Wasser. Die Lösung des Salzes reagirt stark sauer.

Bei einer Darstellung der Salze in etwas grösserem Maassstabe werden wohlausgebildete Krystalle erhalten, welche Hr. Dr. A. Fock die Güte gehabt hat zu messen. Er theilt mir darüber Folgendes mit:



»Krystallsystem: rhombisch; hemimorph.

$a:b:c = 0.5654:1:0.5014.$

Beobachtete Formen: $m = \{110\}\infty P$, $c = \{001\} oP$, $r = \{101\}\bar{P}\infty$ und $p = \{121\} 2\bar{P}2$.

Kleine farblose Krystalle von prismatischem Habitus, an deren einem Ende die Pyramide p, und deren anderen Ende die Basis c und das Makrodoma r beobachtet wurden.

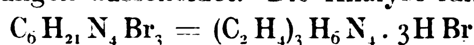
	Beobachtet	Berechnet
$m:m = (110):(1\bar{1}0)$	$= 58°58'$	—
$r:r = (10\bar{1}):(\bar{1}0\bar{1})$	$= 83°\ 8'$	—
$r:m = (10\bar{1}):(110)$	$= 54°57'$	$54°43'$
$p:p = (121):(1\bar{2}1)$	$= 73°53'$	$73°46'$
$p:p = (121):(\bar{1}21)$	$= 63°59'$	$64°\ 6'$
$p:m = (121):(110)$	$= 40°46'$	$40°46'$.

Spaltbarkeit deutlich nach der Basis c.
Ebene der optischen Axen = Basis.
Erste Mittellinie = Axe a.

Dispersion $v > \rho$.

Durch die Prismenflächen gesehen, tritt eine Axe scheinbar etwa 27° gegen die zugehörige Normale geneigt aus, und zwar geneigt in der Richtung nach der Brachydiagonale, so dass demnach die Substanz einen sehr kleinen Axenwinkel besitzen muss. Nähere optische Untersuchung wegen der geringen Grösse der Krystalle nicht durchführbar.«

Es giebt noch ein zweites säureärmeres Bromhydrat, welches sich aus neutralen Lösungen ausscheidet. Die Analyse führte zu der Formel



$$C_6H_{21}N_4Br_3 = (C_2H_4)_3H_6N_4 \cdot 3HBr$$

	Theorie		Versuch I	Versuch II
C_6	72	18.51	18.42	—
H_{21}	21	5.40	5.44	—
N_4	56	14.40	—	—
Br_3	240	61.69	—	61.84
	389	100.00		

Die Lösung des Salzes ist neutral.

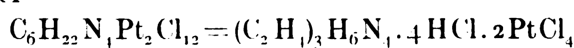
Chlorwasserstoffsaures Triäthylentetramin. Das salzsaure Salz, dessen Darstellung schon oben beschrieben wurde, gleicht in seinen Eigenschaften dem bromwasserstoffsauren; es krystallisirt kaum minder gut. Durch mehrfaches Lösen in Wasser und Fällen mit Alkohol wurde es rein erhalten. Das bei 100° getrocknete Salz enthält 48.30 Chlor. Der Formel



$$(C_2H_4)_3H_6N_4 \cdot 4HCl$$

entsprechen 48.63 Procent.

Platinsalz. Die wässerige Lösung des salzsauren Salzes liefert mit Platinchlorid ein in dünnen Blättchen krystallisirendes schwerlösliches Platinsalz. Die Analyse des bei 100° getrockneten Salzes stimmt auf die Formel



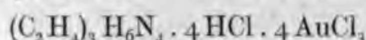
$$C_6H_{22}N_4Pt_2Cl_{12} = (C_2H_4)_3H_6N_4 \cdot 4HCl \cdot 2PtCl_4$$

	Theorie		Versuch I	II	III	IV	V
C_6	72	7.46	7.53	—	—	—	—
H_{22}	22	2.28	2.53	—	—	—	—
N_4	56	5.80	—	—	—	—	—
Pt_2	389.2	40.32	—	40.40	40.26	40.18	40.28
Cl_{12}	426	44.14	—	—	—	—	—
	965.2	100.00					

Diese sämmtlichen Analysen wurden mit Salzen ausgeführt, welche mit der aus dem Äthylendiamin gewonnenen Base dargestellt worden waren.

Goldsalze. Es fällt in schönen schimmernden Krystallblättchen beim Vermischen einer mässig concentrirten Lösung des salzsauren

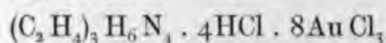
Salzes mit unzureichendem Goldchlorid. Das Salz lässt sich aus heissem Wasser umkrystallisiren. Die Formel



$$(C_2H_4)_3H_6N_4 . 4HCl . 4AuCl_3$$

verlangt 52.32 Procent Gold; gefunden wurden 52.57 Procent.

Es existirt noch ein zweites Goldsalz, welches sich bei einem Überschusse von Goldchlorid aus verdünnter Lösung beim Kochen ausscheidet. Es ist nur schwach krystallinisch, in Wasser unlöslich und enthält auf 1 Mol. des salzsauren Salzes nicht 4, sondern 8 Mol. Goldchlorid. Der Formel

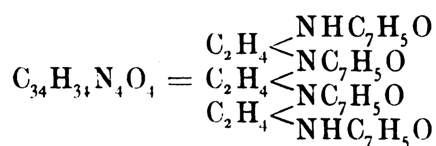


$$(C_2H_4)_3H_6N_4 . 4HCl . 8AuCl_3$$

entsprechen 57.94 Procent Gold. Der Versuch ergab 57.65, 58.03 und 57.51 Procent. Die ungewöhnliche Zusammensetzung des Salzes war Veranlassung, dass es dreimal dargestellt worden ist. Der Versuch, ein analoges Platinsalz zu gewinnen, ist erfolglos geblieben. Die obenangeführte Platinbestimmung V bezieht sich auf ein Salz, welches unter genau den Bedingungen dargestellt worden war, welche das anomale Goldsalz geliefert hatten.

Andere Salze des Tetramins hab' ich nicht genauer untersucht. Ich will indessen bemerken, dass sie fast alle leicht löslich in Wasser sind und aus dieser Lösung durch Alkohol gefällt werden. Nur das Oxalat ist schwer löslich; es wird aus der wässerigen Lösung der Base in weissen undeutlich krystallinischen Flocken gefällt, welche in einer grossen Menge siedenden Wassers löslich sind und sich aus demselben beim Erkalten, aber kaum mehr krystallinisch, wieder ausscheiden. Das Sulfat ist ziemlich gut krystallisirt, noch besser das Nitrat, welches in kaltem Wasser mässig löslich, in heissem Wasser löslicher ist. Das Jodhydrat ist ausserordentlich löslich. Jodmethyl wirkt auf das Tetramin mit ausserordentlicher Heftigkeit ein. Ob die bis jetzt nicht krystallisirt erhaltene Verbindung das von der Theorie angezeigte dekamethylirte Tetramin ist, muss durch weitere Versuche entschieden werden.

Benzoylverbindung. Obwohl die vorstehend beschriebenen Versuche Bildung und Zusammenhang des Tetramins unzweifelhaft feststellen, so wurde zu weiterer Bestätigung auch noch die Benzoylverbindung untersucht. Sie bildet sich in alkalischer Lösung mit grosser Leichtigkeit. Da sie in Äthylalkohol ausserordentlich schwer löslich ist, so wurde sie aus Amylalkohol umkrystallisirt, aus dem sie in kleinen Nadeln mit constant bleibendem Schmp. 228—229° anschiesst. Der Versuch wurde mit Tetraminproben angestellt, welche sowohl aus Ammoniak als auch aus Äthylendiamin stammten. Die Analyse zeigte, dass sowohl die Amidgruppen als auch die Imidgruppen des Tetramins benzoylirt werden, dass die Verbindung mithin nach der Formel:



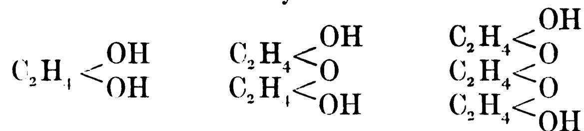
zusammengesetzt ist.

	Theorie		Versuch I.	Versuch II.
C_{34}	308	72.60	72.43	—
H_{34}	34	6.05	6.38	—
N_4	56	9.96	—	10.17
O_4	64	11.39	—	—
	462	100.00		

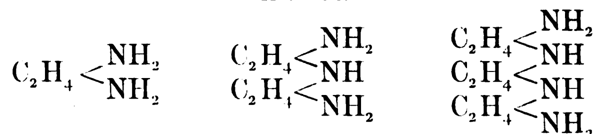
Das Triäthylentetramin wird man wahrscheinlich auch durch Einwirkung von Äthylenoxyd auf Äthylendiamin erhalten können, gerade so wie sich das Glycol durch dieses Agens in Diäthylenalkohol verwandelt.

Es braucht kaum darauf hingewiesen zu werden, dass das vorstehend eingehender studirte Triäthylentetramin dem WURTZ'schen[1] Triäthylenalkohol entspricht, während das oben (S 1273) flüchtig erwähnte Diäthylentriamin die dem Diäthylenalkohol correspondirende Zusammensetzung besitzt:

Glycole.



Amine.



Nicht ganz so leicht dürfte es fallen, auch die den noch höher gegliederten Polyäthylenalkoholen, deren Kenntniss wir zumal den schönen Untersuchungen LOURENÇO's[2] verdanken, entsprechenden Polyamine zu gewinnen.

Bei den Versuchen über das Triäthylentetramin ist mir von den HH. Dr. F. GROSS und Dr. E. ROSENTHAL treffliche Hülfe geleistet worden, für welche ich denselben zu bestem Danke verpflichtet bin.

[1] WURTZ Ann. chim. phys. [3] CXIX. 330.
[2] LOURENÇO Ann. chim. phys. [3] CXVII. 275.

Zur Kenntniss bromhaltiger Amine aus der Fettreihe.

Von S. Gabriel
in Berlin.

Ergebnisse einer Reihe von Untersuchungen aus dem I. chemischen Universitäts-Laboratorium.

Mitgetheilt

von Hrn. A. W. von Hofmann.

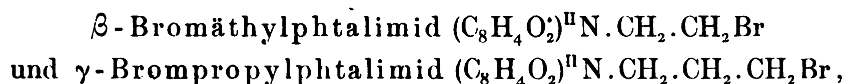
Das Verfahren zur Umwandelung organischer Haloïdderivate in primäre Amine, welches vor zwei Jahren der Königlichen Akademie mitgetheilt[1] worden ist und bis dahin am Benzylchlorid, *o*-, *m*- und *p*-Nitrobenzylchlorid, *o*-Cyanbenzylchlorid, *o*- und *m*-Xylylbromid, sowie am Äthylenbromid erprobt worden war, hat sich auch weiterhin als brauchbar erwiesen: so gelangte man vom Allyl-, Butyl- und Amylbromid, vom Pikrylchlorid, Trimethylenbromid, ferner vom *o*- und *m*-Xylylenbromid zu den entsprechenden Aminen bez. Diaminen, aus *ω*-Bromphenetol und *ω*-Bromkresetol wurden die zugehörigen Amidoalkylphenoläther bereitet, *α*-Dichlorhydrin in das entsprechende Oxydiamin verwandelt, Bromacetophenon, Desylbromid und Brompropiophenon in Amidoketone übergeführt und schliesslich aus *p*-Cyanbenzylchlorid die Benzylamincarbonsäure, aus *γ*-Brom(Chlor)butyronitril die *γ*-Amidobuttersäure (Piperidinsäure) und aus Chloressigester nahezu quantitativ Glycocoll bereitet.

Bei dem Methylenjodid, Chloraceton und Nitrobromacetophenon glückte zwar der Austausch des Halogens gegen den Phtalimidrest $[C_6H_4(CO)_2N]^I$, doch konnten die zugehörigen Amine nicht erhalten werden, weil bei der Abspaltung der Phtalsäure eine tiefere Zersetzung eintrat.

Von den nach obigem Verfahren gewinnbaren Körpern beanspruchen vor Allem diejenigen ein gewisses Interesse, welche aus

[1] Diese Berichte 1888. S. 631.

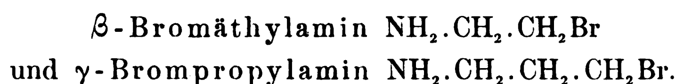
Phtalimidkalium und einem Überschuss von Äthylen- bez. Trimethylenbromid hervorgehen; dies sind



β-Bromäthylphtalimid $(C_8H_4O_2)^{II}N.CH_2.CH_2Br$

und γ-Brompropylphtalimid $(C_8H_4O_2)^{II}N.CH_2.CH_2.CH_2Br$,

sowie die aus ihnen durch Spaltung erhältlichen Basen:



β-Bromäthylamin $NH_2.CH_2.CH_2Br$

und γ-Brompropylamin $NH_2.CH_2.CH_2.CH_2Br$.

Diese vier Körper sind nämlich, da ihr Halogen eine ähnliche Beweglichkeit besitzt wie das in den Alkylbromiden enthaltene, zu zahlreichen Reactionen geeignet. Die an ihnen bis jetzt studirten Umsetzungen sollen, so weit sie nicht bereits in der oben citirten Abhandlung mitgetheilt worden sind, im Folgenden übersichtlich zusammengestellt werden.

I. β-Bromäthylphtalimid und γ-Brompropylphtalimid.

1. Verhalten gegen Kaliumhydrat.

Unter ähnlichen Bedingungen, wie sie früher[1] für die Äthylverbindung angegeben sind, wird der Propylkörper durch Kaliumhydrat in γ-Oxypropylphtalimid $(C_8H_4O_2)^{II}N(CH_2)_3OH$ (aus Alkohol in Nadeln vom Schmp. 75°) verwandelt.

2. Das Verhalten gegen Kaliumsulfhydrat

entsprach durchaus der Erwartung: es entstanden Äthylmercaptophtalimid und Propylmercaptophtalimid, welche aus Ligroïn in Nadeln vom Schmp. 75—77° bez. 46—48° anschossen. Aus ihnen wurden durch Spaltung mit Salzsäure die ersten Amidomercaptane der Fettreihe, nämlich β-Amidoäthylmercaptan $NH_2CH_2CH_2SH$ und γ-Amidopropylmercaptan $NH_2CH_2CH_2CH_2SH$ in Form ihrer Chlorhydrate (Nadeln vom Schmp. 70—72° bez. 69°) erhalten. Das Äthylmercaptophtalimid lässt sich durch Eisenchlorid zu dem entsprechenden Disulfid $[(C_8H_2O_2)^{II}N.C_2H_4.S.]_2$ (Schmp. 132°) oxydiren, aus welchem salzsaures Di-Äthylamidodisulfid $(NH_2.C_2H_4.S.)_2$ 2HCl (Schmp. 200°) entsteht.

---

[1] A. a. O.

3. Verhalten gegen Rhodankalium und Selencyankalium.

Es wurden durch einfache Umsetzung gewonnen β-Rhodan- bez. β-Selenocyanäthylphtalimid vom Schmp. 110° bez. 120° und γ-Rhodan- bez. γ-Selenocyanpropylphtalimid vom Schmp. 96—98° bez. 100°. Diese Körper verhalten sich gegen Kaliumhydrat ähnlich dem Rhodanäthyl: wie dieses nämlich nach der Gleichung

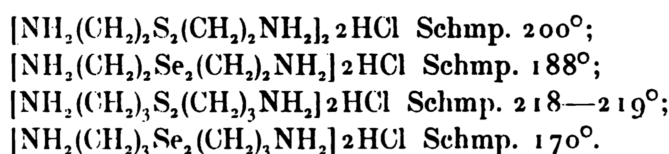


$$2C_2H_5SCN + 2KOH = KCNO + KCN + H_2O + (C_2H_5)_2S_2$$

Diäthyldisulfid liefert, so gehen jene in die Phtalylverbindungen diamidirter Dialkyldisulfide (-diselenide) über, aus welchen durch Behandlung mit Salzsäure die Chlorhydrate des

Diamidodiäthyl(propyl)disulfids
und Diamidodiäthyl(propyl)diselenids

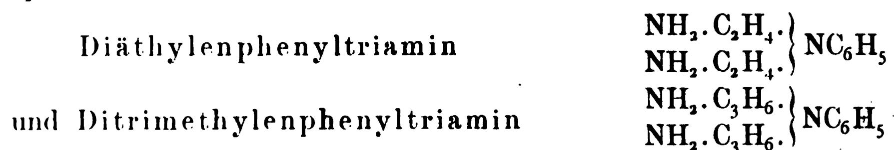
entstehen:



$[NH_2(CH_2)_2S_2(CH_2)_2NH_2]_2 2HCl$ Schmp. 200°;
$[NH_2(CH_2)_2Se_2(CH_2)_2NH_2]2HCl$ Schmp. 188°;
$[NH_2(CH_2)_3S_2(CH_2)_3NH_2]2HCl$ Schmp. 218—219°;
$[NH_2(CH_2)_3Se_2(CH_2)_3NH_2]2HCl$ Schmp. 170°.

4. Die Einwirkung des Anilins

führt zu den Phtalylverbindungen des Äthylenphenyldiamins und Trimethylenphenyldiamins, welche bei 99—100° bez. 87—89° schmelzen; die daraus abgeschiedenen freien Diamine $NH_2(CH_2)_2NHC_6H_5$ bez. $NH_2(CH_2)_3NHC_6H_5$ sind starke Basen und sieden bei 262—264° bez. bei 277°. Als Nebenproducte treten die Diphtalylverbindungen (Schmp. 211° bez. 144—145°) der beiden Triamine



Diäthylenphenyltriamin $\left.\begin{matrix} NH_2.C_2H_4. \\ NH_2.C_2H_4. \end{matrix}\right\} NC_6H_5$

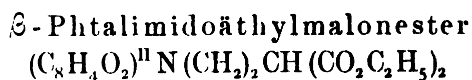
und Ditrimethylenphenyltriamin $\left.\begin{matrix} NH_2.C_3H_6. \\ NH_2.C_3H_6. \end{matrix}\right\} NC_6H_5$

auf, von denen ersteres über 300° siedet und ebenfalls eine starke Base ist.

5. Die Einwirkung des Natriummalonesters

führt zum

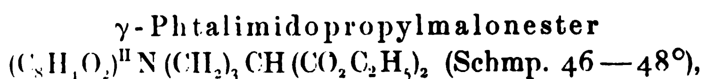
β-Phtalimidoäthylmalonester



$(C_8H_4O_2)^{II}N(CH_2)_2CH(CO_2C_2H_5)_2$

und zum

γ-Phtalimidopropylmalonester

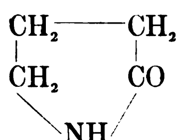


$(C_8H_4O_2)^{II}N(CH_2)_3CH(CO_2C_2H_5)_2$ (Schmp. 46—48°),

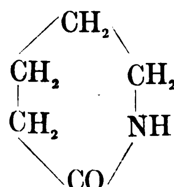
welche bei der Behandlung mit Salzsäure in Chloräthyl, Kohlensäure, Phtalsäure und

γ-Amidobuttersäure (Piperidinsäure) $NH_2(CH_2)_3CO_2H$
bez. δ-Amidovaleriansäure (Homopiperidinsäure) $NH_2(CH_2)_4CO_2H$

zerfallen. Diese beiden Amidosäuren verwandeln sich bei der Destillation unter Wasserabspaltung in die Basen



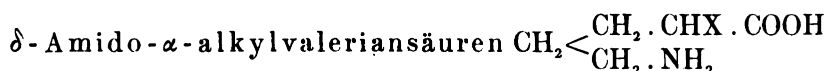
bez.



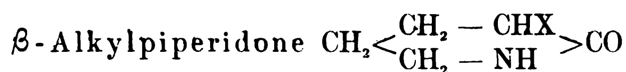
Pyrrolidon
Schmp. 25—28°; Sdp. 245°.

Piperidon (Schotten's Oxypiperidin).

Lässt man statt des Natriummalonesters Natriumalkylmalonester auf Brompropylphtalimid einwirken, so verläuft die Reaction in analoger Weise: auf diesem Wege sind schliesslich verschiedene



und daraus



erhalten worden; die bis jetzt untersuchten Körper gehören der Äthyl-, Propyl- bez. Benzylreihe an.

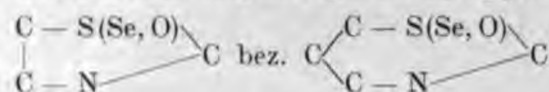
II. β-Bromäthylamin und γ-Brompropylamin.

Bei den im ersten Abschnitte beschriebenen Versuchen mit den Phtalylderivaten des bromirten Äthyl- und Propylamins ist stets das Halogen gegen einen Atomcomplex ausgetauscht worden, so dass die nach Abspaltung des Phtalyls resultirenden Körper insgesammt als β-substituirte Äthylamine $RCH_2CH_2NH_2$ bez. γ-substituirte Propylamine $R(CH_2)_3NH_2$ aufzufassen waren. Bei den nunmehr zu schildernden Umsetzungen der beiden bromirten Amine handelte es sich dagegen um den Ersatz eines Amidwasserstoffs, nämlich um die Bildung bromirter Körper der Formel:



in welchen durch X die Complexe ($CSNH_2$), ($CONH_2$), ($CSeNH_2$), (COC_6H_5), ($COCH_3$) und ($CSSH$) bezeichnet werden sollen. Die Körper der angegebenen Constitution geben nun, wie aus Folgendem hervorgeht,

theils sofort und freiwillig, theils unter gewissen Bedingungen die Elemente des Bromwasserstoffs ab und verwandeln sich dabei in Verbindungen, in welchen eine ringförmige Atomgruppirung

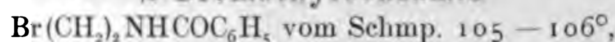


anzunehmen ist.

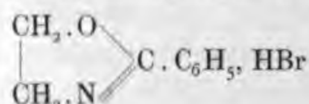
1. Die Einwirkung des Benzoylchlorids,

welche bis jetzt eingehender nur am Bromäthylamin studirt worden ist, führt mit Leichtigkeit zum

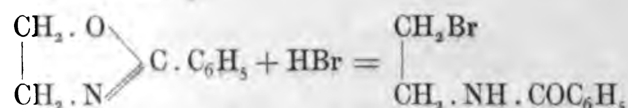
β-Bromäthylbenzamid



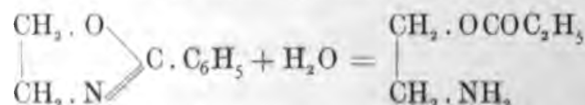
welches aus Benzol oder Essigester ohne Zersetzung umkrystallisirt werden kann. Löst man es dagegen schnell in heissem Wasser auf, so lagert es sich in bromwasserstoffsaures μ-Phenyloxazolin



um, aus welchem die freie Base (Sdp. 242—243°) durch Alkali gefällt und mit Wasserdampf abgeblasen werden kann. Dieses Oxazolin geht durch Eindampfen mit überschüssiger Bromwasserstoffsäure nach der Gleichung

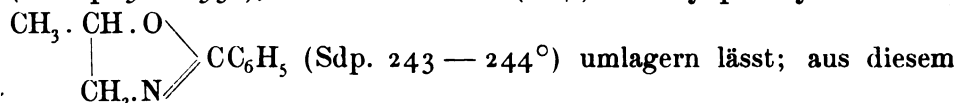


in das ursprüngliche Bromäthylbenzamid zurück, und wird durch überschüssige Salzsäure auf analogem Wege in β-Chloräthylbenzamid (Schmp. 102°) verwandelt. Dampft man die Base dagegen mit einer nur aequimolecularen Menge Chlor- oder Bromwasserstoff ein, so verwandelt sie sich unter Wasseraufnahme nach der Gleichung



in β-Amidoäthylbenzoat, eine ölige, wasserlösliche Base, deren Chlorhydrat (Schmp. 133—135°), Bromhydrat (Schmp. 142—143°), Pikrat (Schmp. 195°) und Chloroplatinat sämmtlich schön krystallisirte Salze darstellen.

Mit dem β-Bromäthylamin zeigt, wie zu erwarten war, das β-Brompropylamin $CH_3.CHBr.CH_2NH_2$[1] vollständige Analogie: es liefert nämlich mit Benzoylchlorid β-Brompropylbenzamid (Schmp. 92—93°), welches sich in (β, μ)-Methylphenyloxazolin

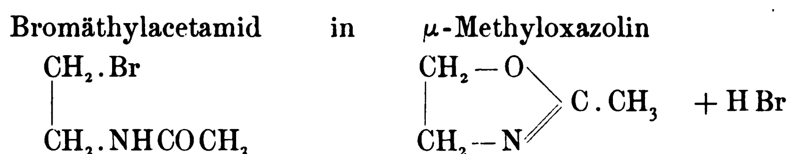


$CH_3.CH.O \diagdown$ / | $\rangle CC_6H_5$ (Sdp. 243—244°) umlagern lässt; aus diesem / $CH_2.N \diagup$

kann durch Anlagerung von Chlorwasserstoff bez. Wasser β-Chlorpropylbenzamid (Schmp. 72—73°) bez. β-Amidopropylbenzoat (eine wasserlösliche, ölige Base) erhalten werden.

2. Verhalten gegen Essigsäureanhydrid.

Nach dem Verhalten des Bromäthylbenzamids durfte man erwarten, dass



Bromäthylacetamid in μ-Methyloxazolin

$CH_2.Br$ / | / $CH_2.NHCOCH_3$ — $CH_2-O \diagdown$ / | $\rangle C.CH_3$ + HBr / $CH_2-N \diagup$

übergehen werde. Dies scheint in der That der Fall zu sein.

Als nämlich Bromäthylaminbromhydrat mit Natriumacetat und Essigsäureanhydrid gekocht und das Reactionsproduct mit Natriumpikrat versetzt wurde, schieden sich Krystalle vom Schmp. 147—149° ab, welche die Zusammensetzung des μ-Methyloxazolinpikrates $C_3H_7NO.C_6H_3N_3O_7$ zeigten.

Dieses Salz entwickelt beim Übergiessen mit Kalilauge einen süsslichen Geruch, welcher von der freien Base herrührt, und nimmt beim Kochen mit Wasser, ähnlich den im vorangehenden Abschnitte geschilderten Oxazolinsalzen, die Elemente des Wassers auf.

Hierdurch entsteht ein Salz $C_3H_9NO_2.C_6H_3N_3O_7$ vom Schmp. 167—169°, in welchem offenbar das Pikrat des Amidoäthylacetats $NH_2.CH_2.CH_2.O.COCH_3$ vorliegt.

3. Verhalten gegen Rhodankalium.

a) Bromäthylamin.

Wenn man eine Lösung aequimolecularer Mengen von Bromäthylaminbromhydrat und Rhodankalium zur Trockniss eindampft und das Product aus Alkohol umkrystallisirt, so gewinnt man lange Nadeln, welche die Zusammensetzung des erwarteten Bromäthylthioharnstoffs

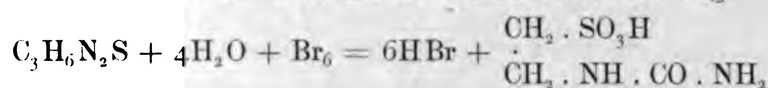
---

[1] Gabriel und Weiner, Ber. d. Deutsch. chem. Ges. **21** 2675.

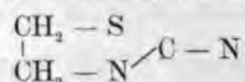
$Br C_2H_4 NH CS NH_2$ aufweisen. Die neue Verbindung ist jedoch kein bromirter Harnstoff, sondern stellt das Bromhydrat einer Base $C_3H_6N_2S$ dar. Letztere schmilzt bei 84—85°, ist leicht löslich in den üblichen Lösungsmitteln, auch in Wasser, welchem sie stark alkalische Reaction ertheilt, und liefert schön krystallisirte Salze. Sie soll, da sie mit Äthylenthioharnstoff[1] isomer ist,

Äthylen-ψ-thioharnstoff $C_3H_6N_2S$

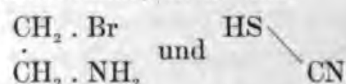
genannt werden. Für die Beurtheilung ihrer Constitution ist die Umwandlung von Wichtigkeit, welche sie bei der Oxydation mit Bromwasser erleidet: sie wird nämlich nach der Gleichung



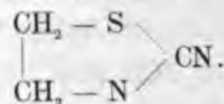
in Taurocarbaminsäure übergeführt; hierdurch ist die Gruppirung des Kohlenstoffs, Schwefels und Stickstoffs im Sinne des Schemas



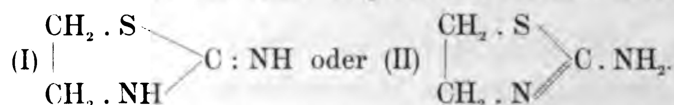
gegeben. Erwägt man nun, dass Äthylen-ψ-thioharnstoff aus Bromäthylamin in Rhodanwasserstoff, d. h. aus



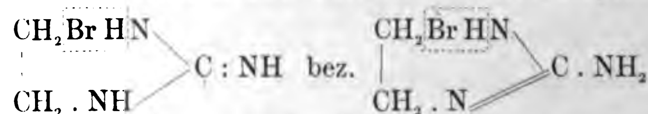
entstanden ist, so ergiebt sich ferner die im folgenden Schema punktirt gezeichnete Bindung zwischen C und S



An diesem Skelett fehlen zur Vervollständigung der Molecularformel des Äthylen-ψ-thioharnstoffs nur noch 2 Wasserstoffatome: dieselben können nur im Sinne folgender Formeln vertheilt sein:



Körper der angegebenen Constitution werden sich durch Austritt von Bromwasserstoff aus den labilen Formen des Bromäthylharnstoffs

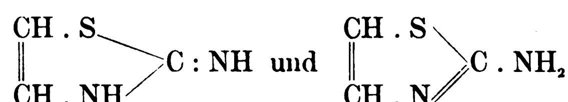


gebildet haben und können nach der von HANTZSCH[2] vorgeschlagenen

[1] A. W. HOFMANN, Ber. d. Deutsch. chem. Ges. 5 242.
[2] LIEB. Ann. 249 1.

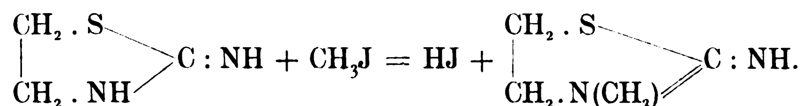
Nomenclatur als μ-Imidothiazolidin bez. μ-Amidothiazolin bezeichnet werden.

Die Formel II liess sich nicht beweisen, weil der Nachweis einer Amidogruppe misslang; mit der Formel I harmonirt dagegen das weiter unten beschriebene Verhalten der Base gegen Jodmethyl: dennoch soll die Entscheidung zwischen beiden Formeln offen bleiben, weil die dem Äthylen-ψ-thioharnstoff äusserst ähnlichen μ-Amidothiazole im Sinne der beiden Formeln[1]



reagiren. Statt der die Vertheilung der beiden Wasserstoffatome praejudicirenden Namen Imidothiazolidin und Amidothiazolin soll daher weiterhin die Bezeichnung Äthylen-ψ-thioharnstoff benutzt werden.

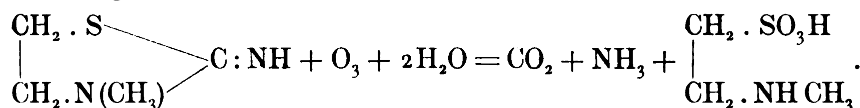
Äthylen-ψ-thioharnstoff und Jodmethyl reagiren gemäss der Gleichung



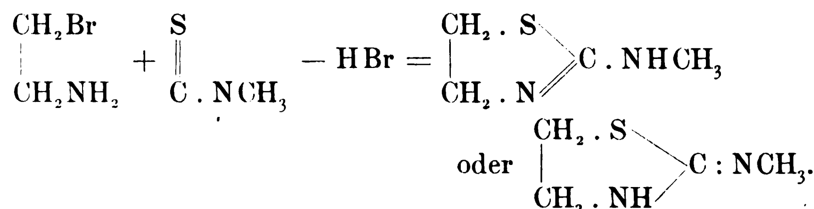
Die neue Base Methyläthylen-ψ-thioharnstoff ist ein Öl, löst sich mit stark alkalischer Reaction in Wasser und liefert schön krystallisirte Salze (Jodhydrat Schmp. 159—160°, Pikrat 200—203°); die in der Constitutionsformel angegebene Stellung der Methylgruppe wird durch die Beobachtung bewiesen, dass bei der Oxydation der Methylbase mittels Bromwassers Dittrich's[2] Methyltaurin



vom Schmp. 243° gemäss folgender Gleichung entsteht:

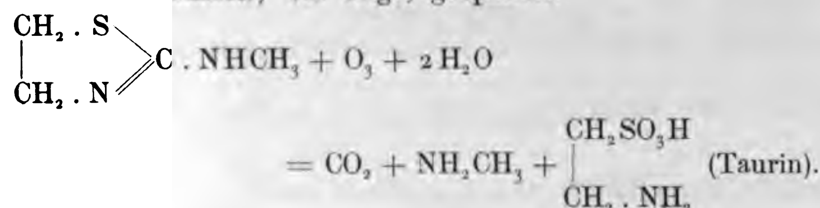


Eine mit der vorhergehenden isomere Methylbase erhält man durch Vereinigung von freiem Bromäthylamin mit Methylsenföl nach folgender Gleichung:



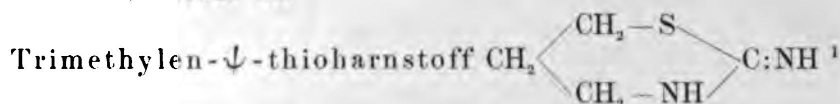
[1] Traumann, Lieb. Ann. 249 53, Wohmann ebend. 259 277.
[2] Journ. pr. Chem. [2]18 63.

Diese neue Base krystallisirt aus Ligroïn in Nadeln vom Schmp. 90°, ist leicht in Wasser mit stark alkalischer Reaction löslich und liefert ein Pikrat vom Schmp. 224—226°. Sie unterscheidet sich von der isomeren Base durch die Stellung des Methyls, welche aus der Bildungsgleichung ersichtlich ist und bestätigt wird durch das Verhalten der Base bei der Oxydation mit Bromwasser und darauf folgende Zerlegung mit Salzsäure: unter diesen Umständen wird die Base nämlich, wie folgt, gespalten:

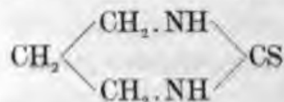


b) γ-Brompropylamin.

Das Verhalten des Bromhydrates dieser Base gegen Rhodankalium ist demjenigen des Bromäthylaminsalzes durchaus analog: es entsteht nämlich das Bromhydrat einer dem Äthylen-ψ-thioharnstoff ähnlichen starken Base, welche als



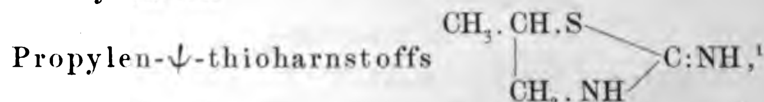
bezeichnet wird; ihr Bromhydrat schmilzt bei 135—136°, ihr Pikrat bei 128°; sie ist isomer mit dem Trimethylenthioharnstoff



von LELLMANN und WÜRTHNER.[2]

c) β-Brompropylamin $CH_3.CHBr.CH_2.NH_2$.

Das Bromhydrat dieser Base setzt sich mit Rhodankalium um in das Bromhydrat des



welcher ein stark alkalisches, wasserlösliches Öl darstellt, ein Pikrat

[1] Der besseren Übersichtlichkeit halber ist bei diesen und den in Abschnitt 5 und 6 erwähnten ψ-Harnstoffen nur die Imido- nicht auch die Amidoformel (vergl. S. 1287 und 1288) angeführt.

[2] LIEB. Ann. 228 233.

vom Schmp. 199—200° sowie ein Platinsalz vom Zersetzungspunkt 210—212° liefert und durch Bromwasser zu

β-Methyltaurocarbaminsäure 

oxydirt wird; aus ihr wird durch Spaltung mit Salzsäure

β-Methyltaurin 

gewonnen. Die Methylirung des Propylen-ψ-thioharnstoffs führt zum

Methylpropylen-ψ-thioharnstoff 

einer öligen Base, welche sich leicht in Wasser mit stark alkalischer Reaction löst, ein Jodhydrat vom Schmp. 171—172° liefert und durch Oxydation und darauf folgende Spaltung mit Salzsäure

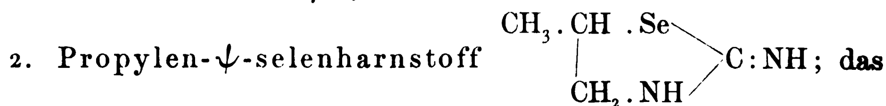
(β, ν)-Dimethyltaurin 

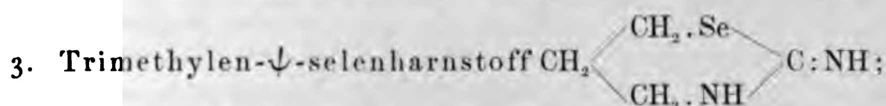
giebt.

4. Verhalten gegen Selencyankalium.

Die Bromhydrate von β-Bromäthylamin sowie von β- und γ-Brompropylamin, setzen sich mit Selencyankalium zu Bromhydraten selenhaltiger Basen um. Letztere konnten zwar Angesichts ihrer leichten Zersetzlichkeit nicht isolirt werden, und ihre Constitution liess sich durch eine Untersuchung der Oxydationsproducte aus dem Grunde nicht erweisen, weil die neuen Basen bei der Oxydation selenfreie Producte ergaben. Man wird indessen kaum fehlgehen, wenn man die Selenbasen, da sie analog den Alkylen-ψ-thioharnstoffen entstanden sind, als Alkylen-ψ-selenharnstoffe anspricht und wie folgt formulirt:

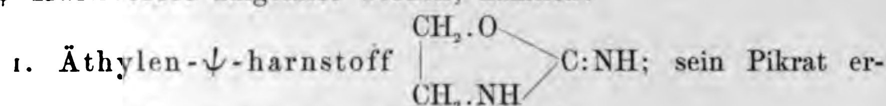
1. Äthylen-ψ-selenharnstoff  das Bromhydrat schmilzt bei etwa 170°, das Pikrat zersetzt sich bei 220°.

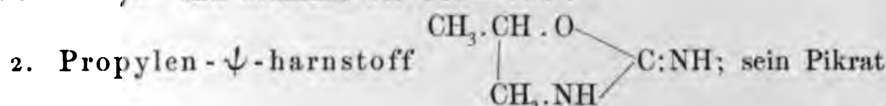
2. Propylen-ψ-selenharnstoff  das Pikrat schmilzt und zerfällt bei 110°.

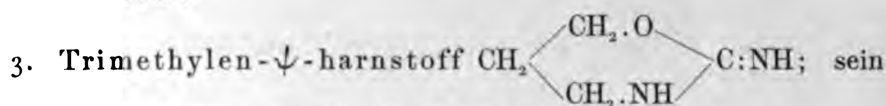

3. Trimethylen-ψ-selenharnstoff $CH_2 < \begin{matrix} CH_2.Se \\ CH_2.NH \end{matrix} > C:NH$; das Bromhydrat schmilzt bei 133—135°, das Pikrat bei 50—53° unter Zerfall.

5. Verhalten gegen Kaliumcyanat.

Aus den Salzen der drei bromirten Amine gehen durch Einwirkung von Kaliumcyanat drei starke sauerstoffhaltige Basen hervor, welche analog den ψ-Thioharnstoffen zusammengesetzt sind und daher als ψ-Harnstoffe aufgefasst werden, nämlich:


1. Äthylen-ψ-harnstoff $\begin{matrix} CH_2.O \\ | \\ CH_2.NH \end{matrix} > C:NH$; sein Pikrat erweicht bei 170° und schmilzt bei 186—188°.


2. Propylen-ψ-harnstoff $\begin{matrix} CH_3.CH.O \\ | \\ CH_2.NH \end{matrix} > C:NH$; sein Pikrat schmilzt bei 186°.

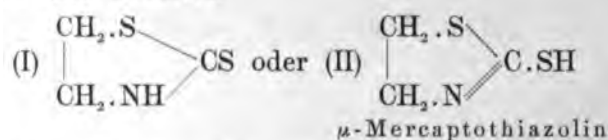

3. Trimethylen-ψ-harnstoff $CH_2 < \begin{matrix} CH_2.O \\ CH_2.NH \end{matrix} > C:NH$; sein Pikrat erweicht bei 190° und schmilzt bei 200°.

6. Verhalten gegen Schwefelkohlenstoff.

Bringt man 1 Mol. Bromäthylaminbromhydrat mit 2 Mol. Kaliumhydrat und mit Schwefelkohlenstoff in wässerig-alkoholischer Lösung zusammen, so entsteht eine bei 106—107° schmelzende Verbindung $C_3H_5NS_2$, welche offenbar durch Austritt von Bromwasserstoff aus zunächst entstandener Bromäthyldithiocarbaminsäure


$$BrCH_2.CH_2.NH.CS.SH$$

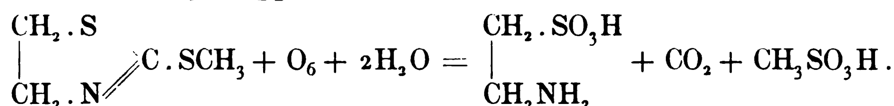
hervorgegangen und demnach


$$(I)\ \begin{matrix} CH_2.S \\ | \\ CH_2.NH \end{matrix} > CS \text{ oder } (II)\ \begin{matrix} CH_2.S \\ | \\ CH_2.N \end{matrix} \gg C.SH$$

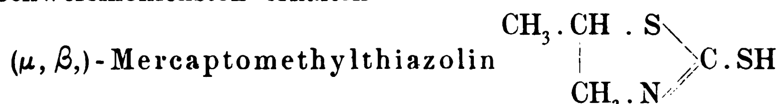
μ-Mercaptothiazolin

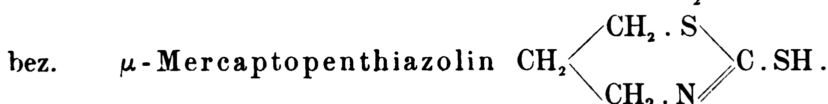
zu formuliren ist. Der neue Körper wird nämlich durch Bromwasser zu Ammoniak, Schwefelsäure und Taurin $SO_3H.CH_2.CH_2.NH_2$ oxydirt. Die ausgeprägt sauren Eigenschaften der Substanz — sie löst sich leicht in fixen Alkalien — liessen schon vermuthen, dass die Formel II, nicht I zutreffe; diese Vermuthung fand ihre Bestätigung

durch das Verhalten des Methyläthers, welcher bei der Einwirkung von Jodmethyl auf die alkalische Lösung der Substanz gewonnen wird. Der Methyläther, $C_3H_4NS_2.CH_3$, eine bei 216—217° siedende Base von chinolinähnlichem Geruche, wird nämlich bei der Oxydation durch Bromwasser in Methansulfosäure und Taurin übergeführt, enthält also die Methylgruppe am Schwefel:

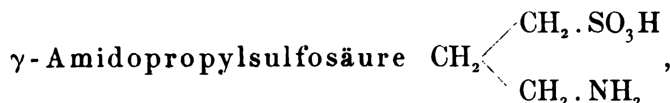


Auf analogem Wege wurden aus dem β- bez. γ-Brompropylamin und Schwefelkohlenstoff erhalten





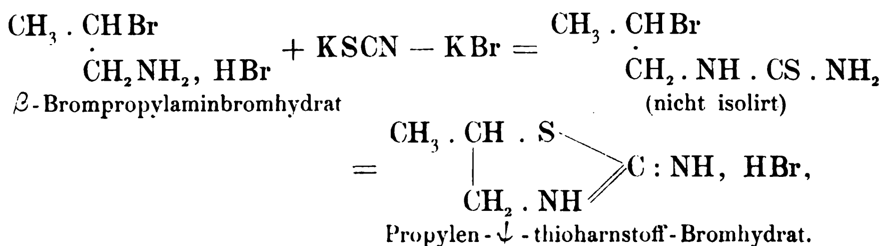
Ersteres schmilzt bei 82° und liefert Methyl- bez. Äthyl- bez. Propylester, welche bei 216—218°, bez. 228—229°, bez. 246—248° sieden und sämmtlich ausgesprochene Basen sind. Das μ-Mercaptopenthiazolin schmilzt bei 132° und wird durch Bromwasser zu



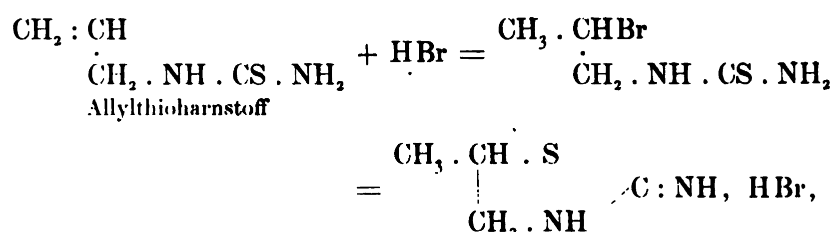
einem Homologen des Taurins, oxydirt.

Umlagerung der Allylharnstoffe in isomere Basen.

Die weiter oben (S. 1286) beschriebene Entstehung von Alkylen-ψ-thioharnstoffen aus den Bromhydraten der bromirten Amine und Rhodankalium ist durch die Annahme erklärt worden, dass zunächst Bromalkylharnstoffe sich bilden, und erst aus ihnen durch Umlagerung die Bromhydrate der Alkylen-ψ-harnstoffe hervorgehen: z. B.



Diese Annahme einer intermediären Bildung von Bromalkylharnstoffen, welche selber nicht existenzfähig zu sein scheinen, musste nun eine wesentliche Stütze finden, wenn es gelang, Harnstoffe mit einem ungesättigten Radical (z. B. Allylthioharnstoff) durch Anlagerung von Bromwasserstoff in das Bromhydrat eines Alkylen-ψ-harnstoffes überzuführen; bei dem Allylthioharnstoff z. B. sollte die Reaction folgendermaassen verlaufen:



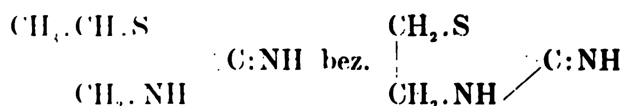
d. h. derselbe Propylen-ψ-thioharnstoff sich bilden, welcher aus β-Brompropylaminbromhydrat erhältlich ist.

Die Versuche haben nun in der That ergeben, dass die gewünschte Umlagerung des **Allylthioharnstoffs** in Propylen-ψ-thioharnstoff (ψ-Thiosinnamin) sich durch eine einstündige Digestion mit rauchender Bromwasserstoffsäure oder auch noch bequemer mit rauchender Salzsäure bewerkstelligen lässt.

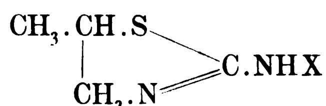
Aus **Allylharnstoff** entstand auf demselben Wege der oben (S. 1291) erwähnte isomere Propylen-ψ-harnstoff.

Im Anschluss an diese Beobachtungen wurde nunmehr auch das Verhalten von **Substitutionsproducten des Allylthioharnstoffs** gegen rauchende Salzsäure bei 100° geprüft, wobei sich bis jetzt Folgendes ergeben hat.

Die symmetrischen **Monoalkylthiosinnamine** der Formel $CH_2:CH.CH_2.NH.CS.NHX$, in welcher X = Methyl, Äthyl, Propyl, Amyl, Phenyl, *o*-Tolyl, α-Naphtyl bedeutet, werden durch das genannte Agens umgelagert in isomere ψ-Thioharnstoffe; während aber für die aus dem Allylthioharnstoff selber und für die aus den bromirten Aminen (vergl. Abschnitt II, 3) darstellbaren ψ-Harnstoffe nach dem Verhalten ihrer Methylderivate die **Diimidoformel**



zu bevorzugen ist, kommt den aus den genannten **Alkylallylthioharnstoffen** erhältlichen ψ-Harnstoffen aus analogen Gründen die **Amidoformel**

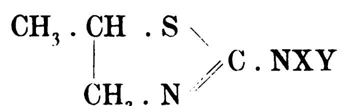


zu.

Auch Dialkylthiosinnamine der Formel



nämlich Diäthyl-, und Methylphenyl- bez. Piperylthiosinnamin lagern sich um in isomere Basen, denen begreiflicherweise nur die Formel



zugeschrieben werden kann.

Schliesslich wurden noch die den Alkylthiosinnaminen nahestehenden Alkylallylsulfosemicarbazide $CH_2 : CH . CH_2 . CS . NH . NHX$, welche man durch Vereinigung von Allylsenföl mit Alkylhydrazinen (z. B. mit Phenyl-, *o*- und *p*-Tolyl-, β-Naphtylhydrazin) bereitete, auf ihr Verhalten gegen rauchende Salzsäure geprüft; die Versuche ergaben, dass auch in diesen Fällen isomere Basen,



entstehen, welche Alkylpropylen-ψ-sulfosemicarbazide genannt worden sind.

An der vorliegenden Untersuchung haben sich betheiligt die HH. W. Aschan, C. Avenarius, W. Baringer, V. Coblentz, C. Goedeckemeyer, A. Goldenring, H. K. Günther, Ph. Heymann, Ph. Hirsch, K. Kroseberg, W. E. Lauer, A. Neumann, B. Prager, Chr. Schmidt, R. Schreiber und J. Weiner.

Zur Theorie der Cyklonen.

Von Wilhelm von Bezold.

(Vorgetragen am 19. Juni [s. oben S. 689].)

Wenn man die meteorologische Litteratur der letzten Jahre aufmerksam verfolgt, so kann man nicht verkennen, dass sich in den Grundanschauungen über die atmosphaerischen Bewegungen allmählich ein gewaltiger Umschwung vorbereitet.

Während man unter der Herrschaft der alten Passattheorie fast all' diese Bewegungen nur als Folgeerscheinungen des zwischen Pol und Aequator vor sich gehenden Luftaustausches betrachtete und beinahe sämmtliche Einzelvorgänge unter diesem Gesichtspunkte zu erklären versuchte, verfiel man seit der Begründung der sogenannten modernen Meteorologie in das entgegengesetzte Extrem.

Als man nämlich an der Hand der Wetterkarten die Bedeutung hatte kennen lernen, welche den Gebieten hohen und niedrigen Luftdruckes zukommt, so glaubte man, dass die alte Anschauungsweise höchstens für das Verständniss der Vorgänge in der Tropenzone noch von gewissem Werthe sei, während in höheren Breiten nur locale Erwärmung und Abkühlung, sowie die Feuchtigkeitsverhältnisse für die Bildung von Cyklonen und Anticyklonen und damit für die gesammten Witterungserscheinungen maassgebend seien.

Den niedrigen Luftdruck im Innern der Cyklone betrachtete man früher nur als eine Folge der durch Zusammenwirken von Aequatorial- und Polarstrom erzeugten Wirbelbewegung. Später dachte man sich im Gegentheil diese Wirbelbewegung ausschliesslich als Folge des niedrigen Druckes, der seinerseits eben den genannten localen Verhältnissen seine Entstehung verdanken sollte. Wie viel Wahres diese neuere Auffassung an sich hatte und wie sehr die Wissenschaft durch sie gefördert wurde, dies bedarf keiner Auseinandersetzung, trotzdem lässt sich nicht in Abrede stellen, dass man zu weit gegangen ist, wenn man in ihr den Schlüssel zu haben glaubte für die Erklärung der gesammten Witterungsverhältnisse.

Man hatte eben, verlockt durch die vielen Erfolge, welche das Studium der Einzelvorgänge unter den neuen Gesichtspunkten bot, über diesen die grosse Circulation beinahe ganz aus den Augen verloren. Zwar machten einzelne Forscher hiervon eine rühmliche Ausnahme und hat insbesondere Ferrel, wie in der ganzen Dynamik der Atmosphaere, so vor Allem auch in der Lehre von der allgemeinen Circulation, grundlegende Arbeiten durchgeführt. Aber abgesehen davon, dass sie erst durch das Sprung'sche Lehrbuch in weiteren Kreisen bekannt wurden, so betrachtet doch Ferrel diese Circulation gewissermaassen als ein in sich geschlossenes Gebiet von Erscheinungen, während die Cyklonen und Anticyklonen für ihn ebenso wie für die Mehrzahl der modernen Meteorologen selbständige Gebilde sind, deren Theorie er dementsprechend auch unabhängig von jenen der allgemeinen Circulation zu entwickeln versucht.

Dagegen hat Hann bereits im Jahre 1879[1] gelegentlich für eine allgemeinere Auffassung seine Stimme erhoben und in einem kurzen Aufsatze unter dem Titel »Einige Bemerkungen zur Lehre von den allgemeinen atmosphaerischen Strömungen« Anschauungen entwickelt, wie sie im Grossen und Ganzen jenen entsprechen, auf welche die neuesten Forschungen hinführen.

Diese Abhandlung scheint jedoch wenig Beachtung gefunden zu haben und ich gestehe gern zu, dass ich selbst erst ganz vor Kurzem durch Hrn. Hann auf dieselbe hingewiesen worden bin, da sie auch mir früher entgangen war, was freilich leicht erklärlich ist, da ihre Veröffentlichung in eine Zeit fiel, in welcher ich eben erst angefangen hatte, mich mit Meteorologie zu beschäftigen und mich deshalb erst mit dem Inhalte der landläufigen Theorien bekannt machen musste.

Das Verdienst die Aufmerksamkeit der Meteorologen in weiteren Kreisen auf die Behandlung dieser Fragen unter allgemeineren Gesichtspunkten gelenkt zu haben, gebührt unstreitig Hrn. Werner von Siemens,[2] dessen Abhandlung »Über die Erhaltung der Kraft im Luftmeere« eine mächtige Anregung gegeben hat, ganz ohne Rücksicht darauf, wie man über die dort entwickelten Anschauungen im Einzelnen denken mag.

Von diesem Zeitpunkte an sind dann verschiedene Arbeiten erschienen, welche entweder direct die Erforschung der allgemeinen Circulation der Atmosphaere zum Gegenstand haben oder wenigstens dahin zielen, die Unzulänglichkeit der bisherigen allzu engherzig entwickelten Lehre von den Cyklonen und Anticyklonen darzuthun.

---

[1] Hann, Ztschft. Bd. XIV. S. 33—41.
[2] Diese Ber. f. 1886, S. 261—275.

In erster Linie war es Hr. von Helmholtz, welcher in einer Abhandlung »Über atmosphaerische Bewegungen« nachwies[1], »dass es in »der Luftmasse durch continuirlich wirkende Kräfte zur Bildung von »Discontinuitätsflächen kommen kann, und dass die anticyklonische »Bewegung der unteren, und der grosse und allmählich wachsende Cyklon »der oberen Schichten, die am Pole zu erwarten wären, sich in eine »grosse Zahl unregelmässig fortwandernder Cyklone und Anticyklonen »mit Übergewicht der ersteren auflösen«.

Damit ist wenigstens der Weg angedeutet, auf welchem man die Verbindung der Einzelerscheinungen, wie man sie in den Cyklonen und Anticyklonen vor sich hat, und die man bisher als ganz selbständige Individuen betrachtete, mit dem grossen Kreislaufe zu suchen hat.

Der Untersuchungen von Möller, Oberbeck und anderen, die ebenfalls die allgemeine Circulation in der Atmosphaere betreffen, mag nur nebenher gedacht sein.

Während so theoretische Forschungen nach einer allgemeineren und grossartigeren Auffassung der gesammten Luftbewegungen hindrängten, unternahm es Hann[2] den früher a. a. O. ausgesprochenen Vermuthungen über die Unvollständigkeit der bisherigen Anschauungen durch das von den Hochstationen gelieferte Beobachtungsmaterial thatsächliche Unterlage zu geben.

Er wies nach, dass in sehr verschiedenen Fällen die Temperaturen im Innern der Cyklonen und Anticyklonen bis zu beträchtlichen Höhen hinauf derartige sind, dass es unmöglich ist, das Zustandekommen dieser Gebilde aus dem specifischen Gewichte der centralen Luftsäule zu erklären, und dass man unwillkürlich darauf geführt wird, die Einwirkung der grossen Circulation zur Erklärung heranzuziehen.

Die bisher gebräuchlichen Theorien über die Entstehung und Fortpflanzung der Cyklonen und Anticyklonen bedürfen demnach unzweifelhaft nicht unwesentlicher Modificationen, und zwar wird es sich darum handeln, klar zu legen, in welcher Weise die oben erwähnten localen Ursachen bez. das durch sie bedingte specifische Gewicht der Luftsäule und die allgemeine Circulation zusammenwirken, um die thatsächlich beobachteten Erscheinungen hervorzubringen.

Verhältnissmässig leicht erkennt man dieses Zusammenwirken in dem Verlaufe der mittleren Jahres- und Monatsisothermen der Erde, wie ich im Nachstehenden flüchtig skizziren will:

[1] Diese Ber. f. 1888 S. 663.

[2] Über die Beziehungen zw. Luftdruck- u. Temp.-Variat. auf Berggipfeln. Ztschft. f. Met. 1888 S. 7—17, insbesonders S. 15. — Das Luftdruckmaximum vom Nov. 1889. Denkschrift d. Wiener Akad. Bd. LVII. S. 401—424. 1890. — Bemerkungen üb. d. Temp. in den Cyklonen und Anticyklonen. Ztschft. f. Met. 1890. S. 328—344.

Der Temperaturunterschied zwischen den aequatorialen und polaren Gegenden bedingt in den hohen Regionen der Aequatorialzone einen Luftabfluss nach dem Pole zu. Dieser Strom wird in Folge der ablenkenden Kraft der Erdrotation zuerst in einen südwestlichen — auf der Südhemisphaere in einen nordwestlichen — dann mehr und mehr in einen nahezu reinwestlichen verwandelt. Zugleich wächst nach dem Flächensatze seine Geschwindigkeit mit dem Weiterschreiten nach höheren Breiten. Die hieraus sich entwickelnden Centrifugalkräfte überwiegen nun von bestimmten Breiten an über den Einfluss der Temperaturen, welcher ein fortgesetztes Steigen des Luftdruckes nach den Polen hin bedingen würde, so dass dieser Druck, der anfänglich mit der Entfernung vom Aequator thatsächlich wächst, von diesen Stellen ab wieder abnimmt und zwar beinahe bis zum Pole hin. So entstehen zwei Gürtel höheren Druckes, die sich in den Mittelwerthen mehr oder minder geschlossen, jedoch mit deutlich erkennbaren getrennten Kernen, in den Einzelfällen vielfach durchbrochen zeigen.

Diese beiden Gürtel hohen Druckes sind Gebiete absteigenden Stromes, wie sich schon in den Bewölkungsverhältnissen zu erkennen giebt.

Zugleich sind die Luftbewegungen dort schwach, da bei der enormen Änderung im Querschnitt, welche die Luftströme beim Übergange aus den horizontalen in die verticale Richtung erfahren, die kinetische Energie erheblich vermindert wird.

Auf der aequatorialen Seite der beiden Gürtel wehen die Passate — abgesehen von der Unterbrechungsstelle, welche durch die Monsune in das ganze System gebracht wird —, auf den polaren finden sich wenigstens in grösseren Höhen die Bedingungen erfüllt, welche nach Hrn. von Helmholtz zur Entstehung von Wirbeln Anlass geben müssen.

So folgen in diesen Gegenden Cyklone auf Cyklone, die nur durch Kämme höheren Druckes von einander getrennt in den grossen die Pole umgebenden Wirbeln ostwärts weiter getragen werden. Die Anticyklonen dagegen sind Theile der Ringe hohen Druckes und für die Lage ihrer Kerne sind nun die Temperaturverhältnisse von wesentlichem Belange, insofern sie immer relativ kalte Gebiete aufsuchen, also im Sommer und in niedrigeren Breiten die Meere, im Winter und in höheren Breiten die Festländer.

Diesen Verhältnissen ist es zuzuschreiben, dass der Ring hohen Druckes sich auf der südlichen Hemisphaere nahezu in der Gestalt zeigt, wie man sie nach der Theorie zu erwarten hat, während er auf der nördlichen gewaltig verzerrt erscheint.

Insbesondere macht sich der Einfluss des grossen asiatischen Continents in so hohem Grade geltend, dass der Kern der grossen sibirischen Anticyklone um 25° aus jener Breite hinausgerückt ist, in welcher das Luftdruckmittel für ganze Breitekreise den Maximalwerth erreicht. Während nämlich dieser Werth sowohl im Jahresmittel als auch in extremen Monaten ungefähr auf den 35. Breitengrad fällt,[1] so findet man den Kern der sibirischen Anticyklone im Januar etwa in 60° nördlicher Breite.[2]

Führt man das hier nur in wenigen Zügen angedeutete Bild weiter aus, so sieht man, wie leicht und einfach sich die mittlere Luftdruckvertheilung an der Erdoberfläche überblicken lässt.

Eine Anwendung ähnlicher Betrachtungsweisen auf einzelne Fälle und die Erklärung ganz bestimmter Erscheinungen aus dem Zusammenwirken der allgemeinen Circulation mit den localen Bedingungen dürfte wohl auf Jahre hinaus eine der wichtigsten Aufgaben der Forschung bilden.

Eine vollständige und strenge Lösung dieser Fragen wird freilich ganz gewaltige Schwierigkeiten bieten, und ist nicht abzusehen, bis wann eine solche gelingen wird.

Man wird sich deshalb zunächst damit begnügen müssen, ganz besonders einfache Fälle unter den eben entwickelten Gesichtspunkten zu betrachten.

Vor Allem aber scheint es wichtig, einfache Kennzeichen dafür aufzustellen, ob bei ganz bestimmten Erscheinungen, oder noch besser, bei gegebenen Cyklonen oder Anticyklonen die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse allein hinreichen, die Thatsachen zu erklären oder ob und in wieweit man hier die Mitwirkung von Bewegungen zu berücksichtigen hat, deren Ursachen ausserhalb des betrachteten Wirbels oder wenigstens ausserhalb des gerade betrachteten Theiles eines Wirbels liegen.

Der Zweck der nachfolgenden Zeilen ist, einen Beitrag nach dieser Richtung zu liefern, sie verfolgen demnach im Wesentlichen dasselbe Ziel, wie die oben erwähnten Untersuchungen Hann's.

Aber während bei den letzteren der Schwerpunkt in der Discussion von Beobachtungszahlen liegt, und überdies vorzugsweise die Temperaturverhältnisse berücksichtigt sind, so sollen hier rein theoretische Betrachtungen durchgeführt und hiebei vor Allem Luftdruck und Wind in's Auge gefasst werden.

[1] Sprung, Lehrb. S. 193. Im Folgenden werde ich häufig dieses Lehrbuch citiren anstatt der Originalabhandlungen, da die letzteren vielfach nur schwer zu beschaffen sind und da man in dem genannten Buche die Rückweise findet.

[2] Hann, Atlas Nr. VII.

Die Frage nach der Einwirkung der grossen atmosphaerischen Circulation auf die Vorgänge in einer Cyklone lässt sich, immer unter der Voraussetzung eines stationären Zustandes, dahin formuliren:

Genügt die thatsächlich bestehende Vertheilung von Luftdruck und Temperatur, um die gleichzeitig vorhandenen Bewegungen vollständig zu erklären oder nicht?

Oder mit anderen Worten:

Sind die Bewegungen in der Cyklone ausschliesslich Folge der in ihrem Centrum vorhandenen Luftverdünnung oder ist umgekehrt die letztere ganz oder theilweise die Folge dieser Bewegungen, die alsdann ihre Ursache natürlich ausserhalb finden müssen?

Betrachtet man nur einen Theil des Wirbels, so lehrt die Bejahung der letzten Frage nur, dass die Ursache jedenfalls ausserhalb des betrachteten Theiles liegen muss, ohne dass man sie deshalb nothwendiger Weise ausserhalb des ganzen Wirbels zu suchen hat.

Leider lässt sich selbst die einfache Frage, ob in einem Theile des Wirbels die vorhandenen Bewegungen ganz aus der Druckvertheilung zu erklären sind, noch nicht in aller Allgemeinheit beantworten, da man immer noch allerlei mehr oder minder willkürliche Annahmen über den Reibungscoefficienten und über die Beeinflussung benachbarter Schichten zu machen hat.

Dagegen ist sie ohne Weiteres zu verneinen sowie der sogenannte Ablenkungswinkel gleich oder grösser wird als 90°, d. h. sowie die Windrichtung in die Isobare fällt oder gar mit einer Componente gegen den Gradienten geht.

Unter diesen Bedingungen ist nämlich Arbeit zu leisten, die keinenfalls von der in der Cyklone oder in dem betreffenden Theile der Cyklone vorhandenen Gradientkraft geleistet werden kann, da im ersteren Falle die Gradientkraft senkrecht steht auf der Richtung, nach welcher die Arbeit, die hier in der Überwindung der Reibung besteht, zu leisten ist, während im zweiten gar noch eine Kraftcomponente vorhanden sein müsste, die der einzigen aus der Druckvertheilung entspringenden entgegengesetzt gerichtet wäre.

Von diesen beiden Fällen ist der erstgenannte der mathematischen Behandlung leicht zugänglich und ihm sollen deshalb auch die nachstehenden Betrachtungen gelten, d. h. die Untersuchung soll sich auf Cyklonen beschränken mit kreisförmigen Isobaren und mit Winden, die in die Richtung dieser Isobaren fallen oder nach Sprung's Bezeichnungsweise[1] mit Cyklonen von symmetrisch circularer Gestaltung und mit dem Ablenkungswinkel 90°.

---

[1] Sprung Lehrb. S. 208.

Vielleicht könnte man solche Cyklonen nach Analogie centrirter optischer Systeme als »centrirte Cyklonen« oder allgemein solche Wirbel als »centrirte Wirbel« bezeichnen.

Es mag nun freilich scheinen, als ob mit der Beschränkung der Betrachtung auf solch' centrirte Wirbel die Specialisirung der Frage auf's alleräusserste getrieben sei und damit die Resultate ziemlich werthlos würden.

Diese Auffassung ist aber doch nicht ganz berechtigt; denn einerseits lehren die synoptischen Karten, dass sich bei stark entwickelten Cyklonen die Winde sehr häufig den Isobaren anschmiegen, d. h. dass deren Richtung in die Tangente der Isobaren fällt, und andererseits ist man bis jetzt überhaupt noch nicht im Stande gewesen, sich bei theoretischen Untersuchungen von der vereinfachenden Annahme kreisförmiger Isobaren frei zu machen.

Im Gegentheil will es mich bedünken, als wenn schon die Untersuchung dieses einfachsten Falles hinreichend wäre, um das Verständniss der cyklonalen oder anticyklonalen Bewegungen wesentlich zu fördern und über manchen Punkt Klarheit zu verschaffen, der bisher oft eine minder richtige Beurtheilung erfahren hat.

Zugleich besitzt der centrirte Wirbel oder der centrirte Theil eines solchen besonderes Interesse, insofern er den Grenzfall darstellt zwischen Wirbeln mit centripetaler oder mit centrifugaler Bewegung, beziehungsweise zwischen den entsprechenden Theilen solcher Wirbel.

Es handelt sich nun vor Allem darum, die Grundbedingung für den centrirten Wirbel in scharfe Form zu bringen. Dies ist ausserordentlich leicht.

Auf jedes Theilchen des Wirbels wirken nämlich drei Kräfte: Die Centrifugalkraft p_c, wie sie aus der Rotation um die Wirbelaxe entspringt, die ablenkende Kraft der Erdrotation p_i, die man sich auch als eine nach dem Krümmungsmittelpunkte der Trägheitscurve gerichtete Centripetalkraft vorstellen kann, und endlich die Gradientkraft Γ, d. i. die aus den Unterschieden des Luftdruckes entspringende Kraft.

Diese drei Kräfte fallen beim centrirten Wirbel, bei welchem jedes Theilchen einen Kreis beschreibt, in die Richtung des Radius dieses Kreises und ist nur der Sinn derselben ein verschiedener, je nachdem man es mit ein- oder auswärts gerichtetem Gradienten, d. h. mit cyklonaler oder anticyklonaler Luftdruckvertheilung und mit cyklonaler oder anticyklonaler Rotation zu thun hat.

Die Grundbedingung für die Erhaltung des centrirten Wirbels ist demnach

$$p_c + p_i + \Gamma = 0, \qquad (1)$$

wobei diese Summe als eine algebraische aufzufassen ist und man erst jeder der Grössen das richtige Vorzeichen zu geben hat.

Betrachtet man aber die Grössen p_e, p_i, Γ ihrem absolutem Werthe nach als gegeben und ertheilt man ihnen dann wirklich die erforderlichen Vorzeichen, so hat man vier Fälle zu unterscheiden:

1. Cyklonale Rotation bei einwärts gerichtetem Gradienten oder, wie man wohl zweckmässig sagen kann, bei cyklonaler Druckvertheilung.

In diesem Falle, den man in dem unteren Theile der gewöhnlichen Cyklonen vor sich hat, haben p_i und p_e das gleiche, Γ aber das entgegengesetzte Vorzeichen, und mithin lautet die Gleichung

$$p_e + p_i - \Gamma = 0. \qquad (2)$$

2. Cyklonale Rotation bei auswärts gerichtetem Gradienten d. h. bei anticyklonaler Luftdruckvertheilung. Diesen Verhältnissen begegnet man in den oberen Theilen der Cyklone mit warmem Centrum. Hier wirkt der Gradient nach aussen, trotzdem muss die Krümmung der Luftbahnen bis zu ganz bedeutenden Höhen eine cyklonale sein, da das Drehungsmoment, welches die Luftmasse unter den gewöhnlichen Verhältnissen aus den tieferen Schichten mitgebracht hat, nicht sofort verschwinden kann.[1]

Centrirt kann jedoch der Wirbel unter diesen Bedingungen nicht sein, da die auf diesen Fall bezügliche Gleichung

$$p_e + p_i + \Gamma = 0 \qquad (3)$$

nicht erfüllbar ist, es müsste denn vollkommenes Gleichgewicht herrschen, d. h. jede der drei Grössen $= 0$ sein.

3. Anticyklonale Rotation bei auswärts gerichteten Gradienten, mithin bei anticyklonaler Druckvertheilung. Dies sind die Verhältnisse, wie man sie in den unteren Theilen der Anticyklone gewöhnlich begegnet.

Die Bedingungsgleichung für den centrirten Wirbel hiesse in diesem Falle:

$$p_e - p_i + \Gamma = 0\,. \qquad (4)$$

Wenn auch theoretisch nicht unerfüllbar, so dürfte diese Gleichung doch praktisch vollkommen bedeutungslos sein, da die Verhältnisse

[1] Diesen Vorstellungen entspricht auch das von Clement Ley — Quat. Journ. Met. Soc. III. 1877. S. 437 — aus Beobachtungen der Cirrhuswolken abgeleitete Schema für die Luftbewegung im oberen Theile der Cyklonen. Man erhält dasselbe, indem man sich eine cyklonale Bewegung denkt, bei welcher die Luftbahnen durch die in gleichem Sinne wirkenden Kräfte p_e, p_i u. Γ mehr und mehr gestreckt, und schliesslich in anticyklonalem Sinne gekrümmt werden, während die Geschwindigkeit des Ausströmens wächst und zugleich das ganze System in dem grossen Wirbel der Polcalotte ostwärts getragen wird.

in den unteren Theilen der Anticyklonen stets derartige sind, dass ein Zusammenfallen der Windrichtung mit den Isobaren nicht denkbar ist. Es bliebe dann höchstens der alleroberste Theil der Cyklonen mit warmem Centrum übrig, in welchem ja anticyklonale Druckvertheilung herrschen muss und vielleicht auch anticyklonale Luftbewegung vorhanden sein kann, sofern dies System so weit in die Höhe reicht, dass das von unten mitgebrachte Drehungsmoment im cyklonalen Sinne bereits vollkommen zur Überwindung von Widerständen verbraucht ist.

Da jedoch für die Untersuchung dieser Fragen jede thatsächliche Grundlage fehlt, so wird es besser sein, sie ganz bei Seite zu lassen.

4. Anticyklonale Rotation bei einwärts gerichteten Gradienten, d. h. bei cyklonaler Druckvertheilung. In diesem Falle hiesse die Bedingung für die Centrirung:

$$p_e - p_i - \Gamma = 0\,. \tag{5}$$

Auch von dieser Gleichung ist es fraglich, ob sie irgend welche praktische Bedeutung hat. In den unteren Schichten der Atmosphaere begegnet man überhaupt nur den unter 1. und 3. besprochenen Fällen. Nun nimmt man zwar an, dass in den oberen Theilen der Anticyklonen eine cyklonale Druckvertheilung, d. h. ein einwärts gerichteter Gradient herrsche,[1] da man einen solchen für nothwendig hält, um das Zuströmen von oben zu erklären. Das Vorhandensein einer solchen Luftdruckvertheilung in der oberen Hälfte der Anticyklonen ist jedoch, soviel mir bekannt, noch nirgends durch Thatsachen erhärtet, im Gegentheil machen es thermodynamische Betrachtungen höchst unwahrscheinlich, dass die niedrige Temperatur, wie sie an der Grundfläche der sogenannten Cyklone mit kaltem Centrum beobachtet wird, sich auf einigermaassen beträchtlichere Höhen erstrecke. Wenn aber letzteres nicht der Fall ist, so kann auch die angenommene Änderung in der Krümmung der Flächen gleichen Druckes, die von nach oben convexen in grösseren Höhen allmählich in concave übergehen sollen, nicht eintreten. Das in höheren Regionen erfolgende Zuströmen nach den Anticyklonen ist demnach auch kaum durch die Wirkung einwärts gerichteter Gradienten, sondern vielmehr dynamisch aus Stauerscheinungen zu erklären.

Sollte aber dennoch die bisher gebräuchliche Annahme von der cyklonalen Druckvertheilung in den obersten Theilen der Anticyklone in einzelnen Fällen richtig sein, so ist doch bei dem geringen Drehungsmoment, wie es in dem anticyklonalen Wirbel vorhanden ist, kein Grund vorhanden, dass der Sinn der Drehung ähnlich wie bei den

[1] S. z. B. Sprung, Lehrb. S. 211 Fig. 39.

Cyklonen auf nennenswerthe Erstreckung auch dort noch der gleiche bleiben müsse, wo jener der Druckvertheilung der entgegengesetzte geworden ist.

Nach dem eben Gesagten hat unter den vier Fällen, welche beim centrirten Wirbel dem Princip nach denkbar sind, nur der erste eine praktische Bedeutung für die Meteorologie und seiner Untersuchung sollen deshalb auch die folgenden Zeilen gewidmet sein:

Es handelt sich demnach hier nur um Wirbel mit einwärts gerichtetem Gradienten, kreisförmigen Isobaren und cyklonaler Luftbewegung unter der besonderen Voraussetzung, dass die Windrichtung allenthalben in die Tangente der Isobaren fällt.

Unter diesen Bedingungen muss die Gleichung:

$$p_c + p_i - \Gamma = 0$$

erfüllt sein, und die Aufgabe besteht mithin wesentlich darin, eben diese Gleichung zu discutiren.

Nimmt man nun eine bestimmte Isobare heraus und bezeichnet man deren Radius mit r_c, den Krümmungsradius der Trägheitsbahn mit r_i und die Geschwindigkeit des Windes in der Isobare durch v, so gelten für ein Lufttheilchen von der Masse m, das sich auf der Isobare in der angegebenen Weise bewegt, die Beziehungen:

$$p_c = m\frac{v^2}{r_c}$$

$$\text{und } p_i = m\frac{v^2}{r_i}.$$

Denkt man sich den ganzen Vorgang unter der geographischen Breite ϕ vor sich gehend, und nimmt man der Einfachheit wegen an, dass diese Breite für alle Punkte der Isobare die gleiche sei, was freilich nicht der Fall ist, aber bei Annahme eines mittleren Werthes für ϕ keine grossen Fehler bedingt, und bezeichnet man endlich die Länge des Sterntages in mittleren Secunden durch T, so hat man auch

$$r_i = \frac{vT}{4\pi \sin\phi}$$ [1]

oder

$$p_i = \frac{4\pi m v}{T}\sin\phi$$

und mithin

$$\Gamma = m\left(\frac{v^2}{r_c} + \frac{4\pi}{T} v \sin\phi\right).$$

---

[1] Sprung, Lehrb. S. 24.

Wählt man endlich noch für die Grösse $\frac{4\pi}{T} = 0.0001458$ den Buchstaben k und setzt man $\Gamma = m\gamma$, wo γ die durch die Gradientkraft Γ der Masse m ertheilte Beschleunigung ist, so erhält man die noch einfachere Form

$$\gamma = \frac{v^2}{r_c} + vk \sin \phi. \tag{6}$$

Für die Beschleunigung γ aber gilt ausserdem die Gleichung

$$\gamma = \frac{G}{111111} \frac{13.6}{\rho} g = 0.00012237\, G \frac{g}{\rho} \tag{7}$$

wenn G der Gradient d. h. der Unterschied der Barometerstände an zwei in der Richtung des grössten barometrischen Gefälles liegenden um die Länge von 1 Meridiangrad oder um 111111^{m} von einander abstehenden Punkten ist.

Zugleich ist

$$\gamma = \frac{h}{l} g = g \operatorname{tg} \alpha \tag{8}$$

wenn man unter h die Höhe versteht, um welche die Fläche gleichen Druckes, die sich durch den betrachteten Punkt legen lässt, auf die horizontale Erstreckung l steigt, oder fällt, und unter α den Winkel, den die Flächen gleichen Druckes an dieser Stelle mit den Horizontalen bilden.

Demnach ist auch die Beschleunigung, welche der Luft durch die Gradientkraft ertheilt wird gleich jener, welche ein schwerer Punkt erfährt, wenn er ohne Reibung auf der fest gedachten Fläche gleichen Druckes herabgleiten würde, sofern nur, was hier stets der Fall ist, α klein genug ist, um sin und tg einander gleich setzen zu dürfen. Die beim Herabgleiten sich ergebende Beschleunigung ist nämlich $g \sin \alpha$, während $g \operatorname{tg} \alpha$ die Kraft ist, welche im horizontalen Sinne auf den Punkt auszuüben ist, um das Herabgleiten zu verhindern.

Merkwürdiger Weise ist eine Ableitung und strenge Formulirung dieses wichtigen Satzes, von dem man stillschweigend unzählige Male Gebrauch gemacht hat — ich erinnere z. B. nur an die Figuren 27, 39, 40 des Sprung'schen Buches —, soviel mir bekannt, erst vor wenigen Jahren, und zwar von Hrn. Möller,[1] gegeben worden.

Da diese Abhandlung kaum allgemein zugänglich sein dürfte, so halte ich es nicht für überflüssig, eine ganz kurze Ableitung dieses Satzes hier in der Anmerkung mitzutheilen.[2]

---

[1] Der Kreislauf d. atm. Luft u. s. w. Arch. d. Seewarte. Jahrg. X. Nr. 3. 1887.

[2] Sind b_1 und b_2 die Barometerstände einer in der Richtung des Gradienten liegenden Geraden von der Länge l, so ist $\frac{b_1 - b_2}{l} = \frac{G}{111111}$; die durch diesen Druck-

Setzt man nun die in (7) und (8) gefundenen Werthe von γ in die Gleichung (6) ein, und schreibt man, da r_i nicht mehr in der Formel vorkommt, einfach r statt r_i, so nimmt die Bedingungsgleichung für den centrirten Wirbel schliesslich die Formen an:

$$0.00012237\, g \frac{G}{\rho} = \frac{v^2}{r} + vk \sin\phi$$

oder:
$$g \frac{13.6}{\rho} \frac{db}{dr} = \frac{v^2}{r} + vk \sin\phi \qquad (9)$$

oder endlich:
$$g \operatorname{tg}\alpha = \frac{v^2}{r} + vk \sin\phi,$$

Gleichungen, die man im Einzelfalle noch weiter vereinfachen kann, indem man ϕ constant betrachtet, und $k \sin\phi = K'$ setzt.

In der ersten Form hätte man übrigens diese Gleichung auch unmittelbar aus den Guldberg-Mohn'schen Grundgleichungen ableiten können, natürlich mit Beachtung der hier gewählten Vorzeichen.

Für die Anwendung auf bestimmte den Wetterkarten zu entnehmende Fälle ist jedoch die zweite Form die bequemere, besonders wenn man statt tg α den Werth $\frac{h}{l}$ bez. $\frac{dr}{dh}$ einführt.[1]

Die Höhen h kann man nämlich für bestimmte Werthe von Druck und Temperatur unmittelbar aus den Tabellen entnehmen, welche die Höhe der Luftsäule angeben, deren Druck 1^{mm} ausmacht, wie man

unterschied hervorgebrachte Beschleunigung aber ergiebt sich folgendermaassen: Denkt man sich einen Luftcylinder herausgenommen, dessen Axe die Länge l hat und dessen Basis die Fläche s haben mag, so wirken auf die beiden Grundflächen die Drucke 13.6 gsb_1 und 13.6 gsb_2, wenn das specifische Gewicht des Quecksilbers zu 13.6 angenommen wird. Die in dem Cylinder enthaltene Masse aber ist $sl\rho$, wenn ρ die Masse der Luft im Cubikmeter ist. Diese Masse erhält durch den Druckunterschied 13.6 $gs(b_1 - b_2)$ eine Beschleunigung:

$$\gamma = \frac{b_1 - b_2}{l\rho} 13.6\, g = \frac{G}{111111} \frac{13.6}{\rho} g = \frac{db}{dl} \frac{13.6}{\rho} g.$$

Fragt man sich nun, um welche Höhe h man sich über dem Endpunkte der Linie l, zu welchem der (höhere) Barometerstand b_1 gehört, erheben muss, um auf diesem Wege ebenfalls zu dem Stande b_2 zu gelangen, so findet man nach den Grundlagen für die Barometerformel $h\rho = (b_1 - b_2)\, 13.6$ oder $h = \frac{b_1 - b_2}{\rho} 13.6$ und mithin $\gamma = \frac{h}{l} g = g \operatorname{tg}\alpha$.

Beachtet man ausserdem, in welcher Weise ρ bei gleichbleibendem Drucke von der Temperatur abhängt, so sieht man sofort, dass benachbarte Druckflächen parallel verlaufen, wenn die Temperatur zwischen ihnen constant ist, während sie andernfalls nach der Seite der sinkenden Temperaturen convergiren, indem der verticale Abstand der benachbarten Druckflächen jederzeit der an den betreffenden Stellen herrschenden absoluten Temperatur proportional ist.

[1] Sprung, Lehrb. S. 119 Gl. (5).

sie z. B. in Mohn's Grundzügen als Tabelle V findet, während sich die Entfernung der Isobaren, welche um 1^{mm} verschiedenem Barometerstande entsprechen, direct aus der Wetterkarte ergiebt.

Gesetzt z. B. man wollte aus der in Sprung's Lehrbuch[1] mitgetheilten Wetterkarte vom 14. October 1881 für das nördliche England, also ungefähr für Punkte zwischen Shields und Bradford, die Neigung der Druckflächen bestimmen, so fände man für den damals herrschenden Druck von 730^{mm} und die Temperatur $10°$ für h den Werth $11^m 3$, für die Entfernung der Isobaren 725 und 735 aber 180^{km} und mithin die Entfernung der Isobaren 729 und 730 oder 730 und 731 annähernd gleich 18^{km} und demnach $\operatorname{tg} \alpha = \frac{11.4}{18000} = \operatorname{tg} 0° 1' 36''$.

Dieses Beispiel ist auch insofern interessant als es recht deutlich zeigt, wie ausserordentlich gering im Allgemeinen die Neigung der Flächen gleichen Druckes ist, da man selbst bei der starken atmosphaerischen Störung, wie sie an dem betreffenden Tage in der betrachteten Gegend herrschte, dennoch von dem betrachteten Punkte um 18^{km} nordwärts gehen musste, um die gleiche Änderung des Luftdrucks zu erhalten wie bei der Erhebung um nicht einmal 12^m.

Sucht man nun aus der Gleichung (9) allgemeine Schlüsse zu ziehen, so entnimmt man aus ihr vor Allem, dass es für das Bestehen eines centrirten cyklonalen Wirbels unerlässlich ist, dass zwischen der Druckvertheilung und den Windgeschwindigkeiten ganz bestimmte Beziehungen vorhanden seien.

Es giebt demnach in allen Fällen, wo die Winde ein Centrum im ächten Sinne des Wortes umkreisen, eine ganz bestimmte Druckvertheilung, welche das Fortbestehen eines solchen Wirbels ermöglicht, und umgekehrt bei jeder symmetrisch circularen Druckvertheilung ganz bestimmte Geschwindigkeiten, für welche das Gleiche gilt.

Wenn hiebei die Reibung ganz unberücksichtigt ist, so schliesst dies die Voraussetzung in sich, dass sie durch Kräfte überwunden wird, welche hier garnicht in der Rechnung erscheinen, also z. B. durch die Geschwindigkeitsunterschiede in den benachbarten Schichten, die ihrerseits freilich wieder durch Ursachen unterhalten werden werden müssen, die ausserhalb des betrachteten Gebietes liegen. Keinenfalls können diese Widerstände im centrirten Wirbel durch die aus der Druckvertheilung entspringenden Kräfte überwunden werden und dies ist für die nachstehenden Betrachtungen das Wesentliche.

Die Fragen, welche hinsichtlich der genannten Wirbel bei den Meteorologen interessiren, sind nun die folgenden:

[1] Tafel VII.

1. Giebt es wirklich Cyklonen, welche wenigstens an der Erdoberfläche selbst solche Druck- und Windvertheilung aufweisen, wie sie in der centrirten Cyklone bestehen müssen?

2. Können diese Bedingungen unter den in der Atmosphaere herrschenden Verhältnissen in Schichten von grösserer verticaler Erstreckung gleichzeitig erfüllt sein, oder ist es unwahrscheinlich, dass eine Cyklone, die an der Erdoberfläche als centrirter Wirbel erscheint, auch noch in grösseren, wenn auch nur mässigen Höhen, die gleiche Eigenthümlichkeit besitze?

3. Welche Schlüsse lassen sich daraus ziehen, wenn die Bedingungsgleichung (9) nicht erfüllt ist, sondern wenn Abweichungen davon in bestimmtem Sinne vorhanden sind?

Betrachtet man nun die Formel:

$$g \operatorname{tg} \alpha = \frac{v^2}{r_c} + vk \sin \phi,$$

die man mit Rücksicht darauf, dass r_i im Folgenden nicht mehr vorkommt, sowie dass man sich bei der Untersuchung immer auf einen bestimmten Werth von ϕ beschränken wird, in die noch einfachere Gestalt

$$g \operatorname{tg} \alpha = \frac{v^2}{r} + vK$$

bringen kann, unter dem in der ersten Frage aufgeworfenen Gesichtspunkte, so bemerkt man vor Allem, dass sofern nicht durch gleichzeitige Abnahme der Geschwindigkeit eine Compensation eintritt, bei abnehmenden Werthen von r, d. h. bei Annäherung an das Centrum, die Neigung der Flächen gleichen Druckes oder, was auf dasselbe hinauskommt, der Gradient, wachsen muss. Dies gilt in um so höherem Grade, wenn auch die Geschwindigkeit mit der Annäherung an das Centrum wächst. In der allernächsten Nähe des Centrums würde selbst bei gleicher Geschwindigkeit der inneren und äusseren Ringe der Gradient unendlich werden, was natürlich unmöglich ist. Dagegen kann die Zunahme der Centrifugalkraft, wie sie durch die Abnahme von r bedingt ist, durch eine entsprechende Verminderung der Geschwindigkeit wieder aufgehoben, ja sogar übercompensirt werden, so dass die Gradienten in unmittelbarer Umgebung des Centrums wieder abnehmen, ganz so wie man es thatsächlich häufig beobachtet. Man sieht aus dem eben Gesagten, dass man den Verhältnissen, wie sie hier als Bedingung für die centrirte Cyklone aufgestellt wurden, wenigstens sofern man sich auf die rein qualitative Betrachtung beschränkt, in Wirklichkeit häufig begegnet, und dass

somit die Existenz centrirter Cyklonen durchaus nicht unwahrscheinlich ist.

Aber auch dann, wenn man der Sache rechnerisch näher tritt, kommt man zu dem gleichen Ergebnisse und findet man, dass Cyklonen die an ihrer Basis wenigstens annäherungsweise centrirt sind, kaum zu den Seltenheiten gehören können.

Um hierfür einen Anhaltspunkt zu gewinnen habe ich berechnet, welche Windgeschwindigkeiten erforderlich wären, wenn bei einer Luftdruckvertheilung, wie sie Hr. Sprung als mittlere Vertheilung für vier wohlausgebildete Cyklonen erhalten hat,[1] diese Cyklone centrirt sein sollte.

Es ergaben sich hiebei für Entfernungen vom Centrum um 100, 200, 300, 400, 600, 800, 1000^{km} Geschwindigkeiten von 10^{m}8, 20^{m}7, 21^{m}4, 23^{m}0, 18^{m}0, 13^{m}3, 10^{m}4 in der Secunde, das sind Zahlen, welche mit den Windstärken, wie man sie aus den synoptischen Karten für die betreffenden Tage entnimmt, nicht in Widerspruch stehen.

Noch leichter übersieht man dies, wenn man annimmt, die Cyklone befinden sich unter dem 45. Breitengrade und in dem betrachteten Theile derselben herrsche bei einer Temperatur von 10° der Barometerstand 730 oder bei 15° der Barometerstand 745 u. s. w., alsdann ist nämlich $0.00012237 \cdot \frac{g}{p}$ beinahe genau $= 0.001$ und $0.0001458 \sin \phi = 0.0001031$ oder nahezu $= 0.0001$.

Mithin nimmt die Gleichung (9) unter diesen Voraussetzungen die ausserordentlich einfache Form an:

$$0.001\, G = \frac{v^2}{r} + 0.0001\, v,$$

oder wenn man die Barometerstände an den Endpunkten einer in die Richtung des Gradienten fallenden Linie von der Länge eines Meridiangrades mit β_1 und β_2 bezeichnet:

$$G = \beta_1 - \beta_2 = 1000\, \frac{v^2}{r} + 0.1\, v\,. \qquad (10)$$

Hieraus entnimmt man sofort, dass im centrirten Wirbel bei einer Windgeschwindigkeit von 10^m in der Secunde in Entfernungen von 100, 10 und 1^{km} vom Centrum Gradienten bestehen müssten von 2. 11 und 101^{mm} auf den Grad.

Gradienten wie der letztgenannte kommen wohl nie oder höchstens auf ganz beschränkten Stellen vor, aber gerade hieraus ersieht man recht schlagend, wie gewaltig selbst bei sehr mässigen Wind-

[1] S. Sprung, Lehrb. S. 150.

stärken — ein Wind von 10^{m} in der Secunde wird noch nicht einmal als »stark« bezeichnet — in der Nähe des Centrums die Centrifugalkraft zur Geltung kommt, und wie ausserordentlich stark dort die Gradienten sein müssten — für $v = 20$ würden die Werthe sich nahezu vervierfachen — wenn in diesen Theilen nicht centrifugale Bewegungen an die Stelle der centripetalen treten sollen.

Bei den gewöhnlichen Cyklonen nimmt jedoch die Windgeschwindigkeit mit der Annäherung an das Centrum von einer bestimmten oft nicht unbeträchtlichen Entfernung an wieder ab, ebenso wie die Grösse der Gradienten, so dass sie auch in diesen Theilen sehr wohl centrirt bleiben können, wie das an dem oben genauer erörterten Beispiele der schematischen Cyklone bereits nachgewiesen wurde.

Übrigens scheint der Gedanke nicht ausgeschlossen, dass auch bei diesen dann und wann schon in mässigen Höhen centrifugale Bewegungen an Stelle der centripetalen treten, und sofern die zur Erhaltung derselben erforderlichen Luftmengen nicht ganz von unten beschafft werden können, auch absteigende Ströme an Stelle der aufsteigenden treten. Wenigstens spricht die nicht selten beobachtete Abnahme der Bewölkung bei Annäherung an das Centrum, die sich manchesmal sogar als »Auge des Sturms« zu erkennen giebt, sehr entschieden dafür.

Wie sich diese Verhältnisse bei den eigentlichen Tornado's oder gar bei den Tromben gestalten, davon soll später noch gesprochen werden.

An zweiter Stelle wurde danach gefragt, ob es wahrscheinlich sei, dass eine an ihrer Basis centrirte Cyklone diese Eigenthümlichkeit auch noch in grösseren Höhen besitze?

Diese Frage hätte man natürlich von vornherein zu bejahen, wenn die Annahme gestattet wäre, dass über jedem Punkte der Grundfläche einer solchen Cyklone auf grosse Erstreckung die Bewegung und das barometrische Gefälle die gleichen seien.

Da dies jedoch nur in Ausnahmsfällen und auch dann nur in Schichten von mässiger Mächtigkeit zutreffen wird, so ist die Frage dahin zu modificiren, ob solche Änderungen der beiden in Betracht kommenden Elemente denkbar sind, dass trotz derselben die Bedingung der Centrirung erfüllt bleibt?

Einen Überblick über diese Verhältnisse erhält man am leichtesten durch die nachstehende Betrachtung:

Bezeichnet man die Höhe eines Punktes über der horizontalen Grundfläche durch z, so gelten im Falle symmetrisch circularer Gestaltung des ganzen Wirbels die Gleichungen:

$$b = f(r, z)$$

und

$$v = \phi(r, z).$$

Benutzt man nämlich die zweite der oben unter [9] aufgestellten Gleichungen und erinnert man sich zugleich daran, dass $\rho = \rho_0 \frac{b}{b_0} \frac{273}{T}$, wo $\rho_0 = 1.293$, $b = 760$ und T die absolute Temperatur ist, so kann man diese Gleichung in die Form bringen:

$$\frac{g b_0 13.6}{\rho_0 273} \frac{T}{b} \frac{db}{dr} = \frac{v^2}{r} + vK$$

oder wenn man T in jeder Horizontalebene, d. h. für jedes gegebene z als constant betrachtet, was ohne grossen Fehler zulässig ist, in die noch einfachere:

$$\frac{K'}{b} \frac{db}{dr} = \frac{v^2}{r} + vK.$$

Beachtet man nun die eben aufgestellte Beziehung, wonach $v = \phi(r, z)$, so tritt an die Stelle von $\frac{db}{dr}$ der partielle Differentialquotient und man erhält:

$$\frac{K'}{b} \frac{\partial b}{\partial r} = \frac{[\phi(r, z)]^2}{r} + \phi(r, z) K. \tag{11}$$

Diese Gleichung lehrt, dass es für jede gegebene symmetrisch circulare Druckvertheilung ein System von Geschwindigkeiten giebt, für welches der Wirbel ein centrirter wird, und dass es umgekehrt für jedes System gleichförmiger Kreisbewegungen um ein und dieselbe Axe, wenn sie nur stetig in einander übergehen, eine bestimmte Druckvertheilung giebt, bei welcher diese Bewegungen dauernde sind, d. h. den Bedingungen des centrirten Wirbels entsprechen; natürlich nur sofern man von Reibungswiderständen absehen darf.

Nimmt man zuerst die Druckvertheilung als gegeben an, und denkt man sich die Druckflächen plötzlich in starre verwandelt und schweren in denselben ohne Reibung verschiebbaren Punkten die Geschwindigkeiten ertheilt, wie sie aus der Gleichung (11) folgen, so bleiben sie sämmtlich auf den horizontalen Kreisen und setzen ihre Bewegungen in gleicher Weise fort, da aus dem Widerstande der Fläche in diesem Falle eine nach einwärts gerichtete Kraft entspringt, welche der nach auswärts gerichteten g tgα das Gleichgewicht hält.

Die Beschleunigung, welche in diesem Falle einem auf der Fläche befindlichen Massenpunkte durch die Schwerkraft in der Richtung des Gefälles ertheilt wird ist $g \sin\alpha$, während die Componente der nach auswärts gerichteten Horizontalkraft g tgα, welche den Punkt

auf der Fläche in die Höhe zu treiben sucht g tgα cosα d. i. ebenfalls g sinα ist.

Wären die Geschwindigkeiten an irgend einer Stelle bez. auf irgend einem Horizontalkreise grösser oder kleiner als es die Gleichung (11) verlangt, so würde ein Aufsteigen oder Herabgleiten des Punktes eintreten.

Die Geschwindigkeiten, wie sie sich bei einer bestimmten Druckvertheilung aus der Gleichung ergeben, sollen deshalb die »kritischen Geschwindigkeiten« heissen, während die Druckflächen, wie sie sich bei bestimmten Geschwindigkeiten aus der Gleichung ergeben, »kritische Flächen« heissen sollen.

Der Gradient aber, wie er dieser »kritischen Druckvertheilung« entspricht, soll im Gegensatze zu dem jemals vorhandenen »effectiven Gradienten« als »kritischer Gradient« bezeichnet werden, so dass man die Grundbedingung für den centrirten Wirbel auch in die Form bringen kann: »Im centrirten Wirbel müssen die Druckflächen mit »den kritischen Flächen zusammenfallen und die effectiven Gradienten »gleich den kritischen Gradienten sein.«

Mit Hülfe dieses Satzes übersieht man nun sofort, dass es durchaus nicht wahrscheinlich ist, dass eine an der Erdoberfläche centrirte Cyklone, auch noch in grösseren Höhen die gleiche Eigenthümlichkeit besitze.

Der Abstand zweier bestimmter Druckflächen ist nämlich im Allgemeinen auf ihre ganze Erstreckung hin nur mässigen Änderungen unterworfen, da er einfach den an den verschiedenen Stellen herrschenden absoluten Temperaturen proportional ist.

In der Cyklone werden demnach die Druckflächen bei der Entfernung von der Axe, wegen der Temperaturabnahme mit der Höhe allmählich etwas aneinander rücken, selbst wenn die Temperatur an der Grundfläche mit der Entfernung von der Axe nicht abnähme, wie dies bei der Cyklone mit warmem Centrum der Fall ist, aber immerhin wird diese Annäherung eine verhältnissmässig geringe bleiben.

Ganz anders verhält es sich mit den kritischen Flächen, diese heben sich nach aussen hin ganz beträchtlich, sowie die Geschwindigkeiten mit der Höhe zunehmen.

Da nämlich das zweite Glied der Gleichung im Allgemeinen nur wenig in Betracht kommt, so wächst die Neigung der Druckflächen nahezu mit dem Quadrate der Geschwindigkeit.

Haben demnach die Druckflächen bei einer Cyklone einen Verlauf wie er in der nebenstehenden Figur durch die ausgezogenen Linien dargestellt ist, und wie er häufig vorkommenden Verhältnissen entspricht, und wäre diese Cyklone in einem Horizontalschnitte AA

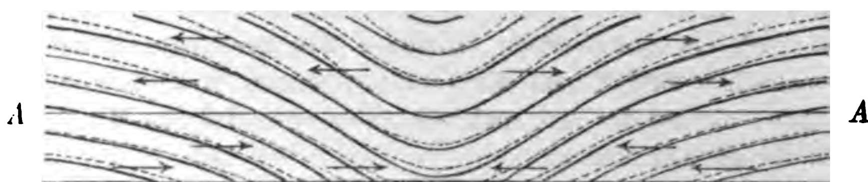
centrirt, so wird sie dies oberhalb und unterhalb dieses Schnittes nicht mehr sein, sowie die Geschwindigkeiten mit der Höhe zunehmen.

Unter dieser Voraussetzung verlaufen nämlich die kritischen Flächen ähnlich wie dies in der Figur durch die gestrichelten Linien angedeutet ist und fallen demnach nur in dem Schnitte *A A* mit den Druckflächen zusammen, da sie dort gemeinsame Tangenten haben.

»Oberhalb dieses Schnittes sind die Centrifugalkräfte grösser als »die nach der Axe gerichteten Gradientkräfte und müssen demnach »auch Bewegungen gegen den Gradienten stattfinden.«

Die erwähnte Schnittfläche, die aber durchaus nicht eine Ebene zu sein braucht, sondern hier nur der Einfachheit halber als solche gedacht wurde, scheidet demnach ein Gebiet von centripetalen Bewegungen von einem solchen mit centrifugalen.

Druckflächen und kritische Flächen in einer Cyklone.



Zugleich übersieht man leicht, dass ein solches Umschlagen im Sinne der Bewegung auch ohne Änderung im Vorzeichen des Gradienten eintreten muss, sowie die Bewegung an der Erdoberfläche der rein kreisförmigen einigermaassen nahe kommt. Denn da die Windgeschwindigkeiten erfahrungsgemäss mit der Höhe rasch zunehmen, während die Neigung der Druckflächen meistentheils sogar eine Abnahme aufweisen wird, so muss sich eine Bewegung wie die eben betrachtete, die am Erdboden eine schwache centripetale Componente hatte, bei dem Übergang in höhere Schichten zuerst in eine centrirte und später sogar in eine centrifugale verwandeln.

Die zweite der oben aufgestellten Fragen ist demnach zu verneinen und dahin zu beantworten, dass es höchst unwahrscheinlich ist, dass Cyklonen auf grössere verticale Erstreckung hin centrirt bleiben. Man hat vielmehr in den oberen Theilen solcher Cyklonen centrifugale Bewegungen zu erwarten, selbst wenn sie gegen den Gradienten erfolgen müssen.

Der vorige Abschnitt, welcher eigentlich der Beantwortung der zweiten der oben aufgestellten Fragen gewidmet war, enthält zugleich jene der dritten in sich. Diese letztere bezog sich auf die Schlüsse, welche sich aus der Nichterfüllung der für den centrirten Wirbel gültigen Bedingungen ziehen lassen.

Diese Bedingungen wurden durch Einführung des Begriffes der kritischen Fläche in die einfache Form gebracht: »im centrirten »Wirbel müssen die kritischen Flächen und die Flächen gleichen »Druckes zusammenfallen«.

Die Neigung der Fläche gleichen Druckes misst nämlich nach dem oben Gesagten die Grösse der nach der Axe hin wirksamen Gradientkraft, die Neigung der kritischen Fläche aber die aus der Centrifugalkraft sowie aus der Erdrotation entspringende von der Axe abgewendete Componente.

Besitzt demnach an einer gegebenen Stelle die kritische Fläche eine geringere Neigung als die Druckfläche, so hat man es mit einer einwärts gerichteten, also centripetalen Resultante zu thun, ist die kritische Fläche stärker geneigt als die Druckfläche, so ist die Resultante centrifugal.

Hierbei muss man jedoch wohl beachten, dass die kritischen Flächen auch bei symmetrisch circularer Druckvertheilung nur dann Rotationsflächen sind, wenn die Luftbewegungen in Kreisbahnen vor sich gehen, die auf der Axe senkrecht stehen, und deren Mittelpunkte in eben dieser Axe liegen.

Unter diesen Bedingungen ist aber der Zustand ein labiler, sofern die Druckflächen und die kritischen Flächen nicht an jeder Stelle die gleiche Neigung haben bez. nicht innerhalb des ganzen betrachteten Raumstückes zusammenfallen.

Trotzdem hat auch die Untersuchung dieses natürlich nur als Durchgangszustand denkbaren Falles ein gewisses Interesse, da wie schon oben erörtert die Bewegungen, wie man sie beobachtet, thatsächlich sehr häufig den Kreisbewegungen ausserordentlich nahe kommen, während andererseits die Verallgemeinerung der Aufgabe nicht unerhebliche Schwierigkeiten bietet.

Nahezu kreisförmige Bewegungen hat man z. B. vermuthlich bei den Tornados und Tromben in der Nähe der Axe vor sich.

Wendet man nun die oben eingeführte Betrachtungsweise auf solche Fälle an, so findet man, dass bei Annäherung an die Axe die kritischen Flächen ganz ausserordentlich starke Neigung besitzen, und mithin ganz enorme Gradienten vorhanden sein müssen, wenn diese Kreisbewegungen nicht in centrifugale übergehen sollen.

So ergiebt sich z. B. aus der angenäherten Formel (10) für $r = 10$ und $v = 30$, d. h. für eine Windgeschwindigkeit von 30^{m} in einem Abstande von der Axe von 10^{m}, ein Gradient von 90000, d. h. eine Druckabnahme von 0.81^{mm} für 1^{m} Annäherung an die Axe.

Der Neigungswinkel der kritischen Fläche aber wird unter den angegebenen Voraussetzungen etwa 84°.

Werden demnach solche Bewegungen eingeleitet auf Kosten von Energie, die an anderen Stellen gewonnen wurde, so müssen in der Umgebung der Axe starke Luftverdünnungen auftreten, die man berechnen kann, wenn man über die Abnahme der Geschwindigkeit mit der Entfernung von der Axe bestimmte Voraussetzungen macht.

Solche Rechnungen hat bereits Ferrel[1] für den Tornado angestellt, den er eben als einfachen centrirten Wirbel betrachtet, und für den er auch die Gestalt der Druckflächen, die unter der Annahme gegebener Geschwindigkeiten eben unsere kritischen Flächen sind, in einer Figur dargestellt hat.

Es wäre deshalb kaum nöthig gewesen, diesen Punkt hier noch einmal zu berühren, wenn es mir nicht schiene, als ob nach einer Richtung hin aus diesen Betrachtungen andere Schlüsse zu ziehen wären, als sie der genannte Forscher gezogen hat.

Die ganz enormen Gradienten, welche in einem, wenn auch nur sehr dünnen, die Axe des Tornado's umgebenden Mantel herrschen müssen, wenn keine centrifugalen Bewegungen eintreten sollen, machen es nämlich sehr unwahrscheinlich, dass Luft von aussen her diesen Mantel durchdringt und sich nach der Axe hin bewegt, d. h., dass centripetale Bewegungen eintreten.

Um solche hervorzubringen, müssten ja die thatsächlich vorhandenen Druckflächen noch stärker geneigt sein als die kritischen Flächen oder was dasselbe ist, die effectiven Gradienten müssten noch grösser sein als die kritischen, die schon so ausserordentlich grosse Werthe annehmen.

Wenn aber kein fortgesetztes Zuströmen nach der Axe hin stattfindet, dann ist auch das Bestehen eines aufsteigenden Stromes in dieser selbst nicht denkbar.

Im Gegentheile möchte ich es für wahrscheinlich halten, dass in dem Axenkanal keine sehr bedeutenden verticalen Bewegungen stattfinden, sondern dass derselbe im wesentlichen ein fortschreitender luftverdünnter Raum ist, wobei jedoch immer neue Lufttheilchen in die Bewegung hineingerissen und damit der Verdünnung unterworfen werden.

Die Annahme eines aufsteigenden Stromes in dem Axenkanal ist auch gar nicht nothwendig, da ja eben Ferrel nachgewiesen hat, dass die durch die Centrifugalkraft hervorgerufene Luftverdünnung, der keine Wärmezufuhr zur Seite steht, ausreichend ist, um die Condensation und damit die Entstehung des Wolkenschlauches zu erklären. Wenn sich dabei der Schlauch zuerst als herabhängender Ansatz an

[1] Sprung, Lehrb. S. 224.

der Wolke zu erkennen giebt und dann erst allmählich herunterzusteigen scheint, so ist dies ganz natürlich, da dort, wo die Reibung am Erdboden nicht in Betracht kommt, schon in einem früheren Entwickelungsstadium der Erscheinung erhebliche Geschwindigkeiten auftreten werden, die dann die Luftverdünnung und damit die Condensation im Gefolge haben müssen. Überdies steht die Luft gerade unterhalb der Wolke der Sättigung am nächsten und bedarf es dort nur ganz geringer Luftverdünnung um Condensation hervorzubringen.

Erst wenn die Geschwindigkeiten auch in den unteren Schichten der Atmosphaere die entsprechende Steigerung erfahren haben, schreitet auch dort die Verdünnung soweit fort, dass der Wolkenschlauch bis zur Erde herabreicht.

Dabei darf man jedoch hieraus keineswegs den Schluss ziehen, dass die Ursache der ganzen Erscheinung in den oberen Regionen zu suchen sei, es ist vielmehr zu erwarten, dass auch in den Fällen, wo der Vorgang durch Überhitzung der untersten Luftschichten und den dadurch erzeugten labilen Gleichgewichtszustand eingeleitet wird, dennoch in grösserer Höhe früher bedeutende Geschwindigkeiten erreicht werden als unten.

Da nämlich gerade nach Auslösung des labilen Gleichgewichtes die beschleunigenden Kräfte mit der Höhe zunehmen, so muss nicht nur der aufsteigende Strom, den man sich aber nicht gerade in der Axe des später entstehenden Tornados, sondern über grösserer Fläche zu denken hat, an sich immer grössere Geschwindigkeiten erlangen, sondern es muss dies vor Allem auch von den seitlich zuströmenden Luftmengen gelten, da sich ihnen mit wachsender Höhe geringere Widerstände entgegenstellen.

Überhaupt gestattet der Umstand, dass die Wolkenschläuche von oben herabzusinken scheinen, gar keinen Rückschluss darauf, ob man den eigentlichen Entstehungsherd oben oder unten zu suchen habe.

Ebensowenig darf man aus diesem scheinbaren Herabsteigen des Wolkenschlauches auf abwärts gerichtete Bewegungen im Innern desselben schliessen.

Im Gegentheile beweist eben das Auftreten des Schlauches, dass in einem solchen Falle die absteigenden Bewegungen, die an sich keineswegs unwahrscheinlich sind, nicht sehr bedeutend sein können, da sonst adiabatische Compression eintreten müsste und somit Wolkenbildung unmöglich wäre.

Bei den grossen Cyklonen ist dies etwas anderes, hier ist es sehr wohl denkbar, dass bei Entstehung oder bei besonders starker Entwickelung derselben in den mittleren Schichten der Atmosphäre,

die sowohl durch die allgemeine Circulation als auch in Folge localer Auflockerung der Luft eintreten kann, ebensowohl von oben als von unten Luft angesogen werde.

Auch kann man durch einfache Modificationen der oben mitgetheilten Figur zu Systemen von kritischen und Druckflächen gelangen, bei welchen das Herabsaugen sich bis zur Erdoberfläche erstrecken muss, so dass sowohl das sogenannte »Auge des Sturmes« als auch die merkwürdige Trockenheit im Innern der Cyklone, wie sie z. B. bei dem Orkan von Manila am 28. October 1882 beobachtet wurde,[1] hierdurch ihre naturgemässe Erklärung finden.

Die hier durchgeführten Untersuchungen gingen von der Betrachtung der centrirten Wirbel aus.

Trotz der Beschränkung auf diesen ganz speciellen Fall, scheinen sie genügend, um den eigenartigen Verhältnissen, wie sie Hann in Cyklonen mit kaltem und in Anticyklonen mit im Wesentlichen warmem Centrum nachgewiesen hat, den Charakter des Abnormen, Unerklärlichen zu nehmen.

Nicht minder dürften sie geeignet sein, um die von Hrn. Faye verfochtene Ansicht von den absteigenden Strömen im Innern der Cyklonen auf das richtige Maass zurückzuführen und innerhalb gewisser Grenzen eine Versöhnung zwischen dieser Anschauung und den sonst fast allgemein vertretenen anzubahnen.

[1] Sprung, S. 241.

Die Datirung der babylonischen sogenannten Arsacideninschriften.

Von Eb. Schrader.

(Vorgetragen am 27. November [s. oben S. 1263].)

Im III. Bande der Zeitschrift für Assyriologie S. 129 ff. hat J. N. Strassmaier eine Reihe von in babylonischer Schrift und Sprache uns überkommenen »Arsacideninschriften« veröffentlicht, welche, abgesehen von dem sonstigen Inhalte derselben, namentlich wegen der in ihnen sich findenden Datirungen, die Aufmerksamkeit mit gutem Fug auf sich gelenkt haben. Wiederholt sind denn auch dieselben bereits sowohl seitens assyriologischer als astronomischer Fachmänner Gegenstand der Untersuchung gewesen, wobei dann freilich ziemlich weitgehende Differenzen in den Resultaten zu Tage traten, Differenzen, die bis zur Stunde als unausgeglichen bezeichnet werden müssen. Eine eingehendere Untersuchung der Sachlage dürfte darum nicht überflüssig erscheinen.

Die Inschriften, die hier in erster Linie in Betracht kommen, sind ihrer neun (Nr. 1—9 a. a. O.), wozu dann noch Inschrift Nr. 13 aus dem Jahre 94 Seleucus, sowie Nr. 14 vom Jahre 14 Seleucus kommen würden, mit welchen beiden es freilich ebenso wie mit den Inschriften Jahr 11... Demetrius (? Nr. 10) und 170 Demetrius (Nr. 11), sowie der weiteren aus Jahr 6 Alexander, Sohn Alexander's (Nr. 12) wiederum besonders sich verhält. *P. S.* Vergl. hierzu »Nachtrag« S. 1332.

Jene neun Inschriften — beiläufig sehr verschiedenartigen Inhalts — tragen sei es an ihrer Spitze (Nr. 3. 9), sei es am Anfang oder am Ende und gelegentlich auch sonst (s. 1. 2. 4. 8) Datirungen und zwar wiederum theils einfache: Nr. 1. 3. 6, theils zwiefache, doppelte: 4. 5. 7. 8. 9, zu denen sich dann noch die verstümmelte Datirung in Nr. 2 gesellen würde. Von den letzteren wieder, den doppeldatirten Täfelchen, weisen mehrere in den chronologischen Angaben den Namen Aršakâ(kan) = Arsaces auf, so: Nr. 1, 10; 4, 23; 5, 16; 6, 14; 7, 29; 8, 3; 9, 2. Bei Nr. 3 fehlt von der die chronologische Angabe enthaltenden Zeile 1 der zweite, Schluss-Theil, so dass sich über die Beschaffenheit der betreffenden Aussage durchaus Sicheres zunächst nich

aussagen lässt. Indess der Typus der ganzen Inschrift, die Beschaffenheit der Datirung, endlich die Jahreszahl (= 209) selber weisen mit solcher Bestimmtheit auf eine analoge Datirung hin, dass wir mit Zuversicht werden auch hier den Namen Aršakâ ergänzen können. Nr. 2 wiederum bietet, wie schon bemerkt, die chronologische Angabe in Z. 10 flg. in verstümmelter Gestalt. Dass die betreffende Angabe mit der Jahreszahl 156 aber auch den Namen Aršakâ bot, erhellt aus dem auf dem Täfelchen Erhaltenen direct (s. die Autographie a. a. O. 143 Z. 11). Als Resultat gewinnen wir, dass die sämmtlichen neun Inschriften in ihren Datirungen irgendwie mit dem Namen Aršakâ in Beziehung gesetzt werden. Die angeführten Jahre schwanken zwischen 108 Aršakâ (Nr. 1) und 232 Aršakâ (Nr. 9), erstrecken sich somit auf einen Zeitraum von im Ganzen 125 Jahren[1].

Neben diesen Datirungen, denen also der Name Aršakâ irgendwie beigeschrieben ist, läuft nun bei mehreren Inschriften, wie bemerkt, nebenher je eine zweite, andersartige Datirung, welche der besprochenen aber immer voraufgeht. Als mustergültiges Beispiel mag die Schlussdatirung der Inschrift Nr. 7 dienen (Z. 27—29):

27. araḫ Ulûlu ûmu 20 KAN šattu 155 KAN
28. ša ši-i šattu 219 KAN
29. Ar-ša-ka-a šar šarrâni (vgl. Z. 1—3 mit ûmu 6).

Man sieht, das Jahr 155 wird einem Jahr 219 gleichgesetzt, das um 64 Jahre von ihm absteht, und bei letzterem findet sich dazu der Name Aršakâ »Arsaces« beigeschrieben. Und das wiederholt sich bei allen Doppeldaten. Wir haben:

Nr. 4 :	Jahr	151	der	ersten	Reihe	=	Jahr	215	der	anderen
» 5 :	»	154	»	»	»	=	»	218	»	»
» 7 :	»	155	»	»	»	=	»	219	»	»
» 8 :	»	»	»	»	»	=	»	»	»	»
» 9 :	»	168	»	»	»	=	»	232	»	»

Überall besteht zwischen den beiden Reihen A und B die gleiche Differenz der Jahre.

Es leuchtet ein, dass die eine der in Aussicht genommenen beiden Aeren — denn dass es sich um solche handelt, versteht sich wohl von selbst — hinter der anderen um 64 Jahre zurückliegt, dass die eine um 64 Jahre früher beginnt als die andere. Welches nun sind die hier in Aussicht genommenen Aeren? Nach des Astro-

[1] Im Heft I des Jahrgangs VI (1891) der Zeitschrift für Assyriologie S. 28 veröffentlicht Bezold die Legende eines von P. Strassmaier im Brit. Mus. aufgefundenen Arsacidentäfelchens, welches die Jahreszahl 244 Aršakan aufweist, den Zeitraum des Vorkommens von Arsacidentäfelchen also noch um 12 Jahre verlängert.

nomen Mahler (Wien)[1] Ansicht sind die Zahlen der Reihe B, d. h. die Jahreszahlen, die den Namen Aršakâ(kan) unmittelbar nach sich haben, solche der Arsacidenaera und sind danach zu berechnen. Lässt man also, wie das Mahler thut (früher so auch J. Oppert, s. Comptes rendus am unten angeführten Orte) die Arsacidenaera mit dem Jahr 255 (256) beginnen, so würden wir mit dem Datum der Inschrift Nr. 5 = 219 Aršakâ in das Jahr 37 v. Chr. gelangen; Nr. 4 (= 215 Arš.) ferner würde uns in das Jahr 41; Nr. 7 und 8 (= 209. Jahr) in das Jahr 47 v. Chr.; Nr. 9 (= 232. Jahr Arš.) endlich in das Jahr 24 v. Chr. weisen. Aber gegen diese Annahme erheben sich doch nicht unerhebliche Bedenken.

Zunächst ist der Ansatz des Beginns der Arsacidenaera auf 255 (256) v. Chr. nichts weniger als ein sicherer. Er beruht auf der Angabe des Justin (41, 4), dass die Parther unter dem Consulate des L. Manlius Vulso und des M. Attilius Regulus, das wäre im Jahre 256, abgefallen wären. Dem aber steht das bestimmte Zeugniss von Eusebius' Chronik (ed. A. Schoene II p. 120. 121) entgegen, die den Abfall in das Jahr 248 v. Chr. setzt, weshalb gewiss mit gutem Fug eine Verwechselung des M. Attilius mit C. Attilius, der neben L. Manlius Vulso im Jahre 250 das Consulat verwaltete[2], bei Justin angenommen und gemeinhin jetzt das Jahr 250 (bez. 248)[3] als Abfallsjahr angesetzt wird. Ich verweise auf G. Rawlinson VI. Orient. Mon. p. 44, sowie A. v. Gutschmid, Geschichte Irans, Tüb. 1888 S. 30.

Würde nun dieses Bedenken lediglich den Ansatz des um 6 bez. 8 Jahre herabzurückenden Beginnes der Arsacidenaera treffen, so berührt ein anderes solches die in Rede stehenden Doppeldatirungen der betreffenden Inschriften überhaupt. Beziehen sich je die Daten der zweiten Reihe auf die Arsacidenaera, so müssen sich nothwendig die um 64 Jahre von dieser differirenden Daten auf eine andere, um diesen Zeitraum jüngere, dazu im Orient im Gebrauch gewesene Aera beziehen. Eine solche aber ist für die Zeit der Arsaciden schlechterdings nicht bekannt, und wenn ein argumentum ex silentio ja auch immer sein Bedenken hat, so wird man die Bedeutung desselben doch gerade in diesem Falle schwerlich unterschätzen, da wir es ja hier unter allen Umständen mit einer, lange Jahre im Gebrauch gewesenen zweiten festen Aera zu thun haben, einer neuen Aera, die uns denn doch schwerlich so gänzlich unbekannt geblieben sein würde.

[1] Gef. Mittheilung vom 28. Juli d. J.
[2] S. Corp. inscr. Latin. I p. 520.
[3] Über die Differenz 250 bez. 248 s. unten.

Man wird unwillkürlich dazu gedrängt, sich nach einem anderen Ausweg umzusehen. Ist es denn nun aber so unumstösslich sicher, dass das Aršakâ šar šarrâni zu den Zahlen der zweiten Reihe gehört? Könnte es nicht zu den Zahlen der ersten Reihe genommen werden? — Wir lassen hier zunächst alles Grammatische bei Seite (wir kommen unten darauf zurück) und erwägen vorab lediglich das materielle Ergebniss einer solchen Beziehung. Ist das Aršakâ nicht zu dem zweiten, sondern je zu dem ersten Datum zu ziehen, so würde die erste Reihe der Jahreszahlen die Arsacidenaera repraesentiren, die zweite, um 64 Jahre in der Zeit zurückliegende, könnte dann z. B. die uns wohlbekannte mit dem Herbst des Jahres 311 beginnende Seleucidenaera repraesentiren, die bei der Differenz von 311 und 250 dieser beiden Aeren = 61 Jahr der Differenz von 64 Jahren der in den Inschriften vorliegenden Aeren schon ziemlich nahe käme. Noch näher würde die Differenz der Daten der Differenz der Aeren kommen, beziehungsweise beide würden sich einfach decken, wenn die Angaben der zweiten Reihe auf die Seleucidenaera bezogen, der Anfang der Arsacidenaera auf Herbst 247 v. Chr. (astronomisch = — 246 v. Chr.) angesetzt würde. Dieses die Ansicht des Herausgebers der Inschriften, Strassmaier, der sich dabei seinerseits wieder auf die astronomische Beweisführung J. Epping's stützt.

Letzterer nämlich hat gleicherweise wie Oppert (a. a. O.) die Inschrift Nr. 9 der in Rede stehenden Inschriften (ZA. III, 147 flg.), welche Z. 2. 4 datirt ist: 13. Nisan 232 der einen Aera, 168 der anderen Aera, nach ihrem astronomischen Inhalt zum Gegenstand einer Untersuchung gemacht. Die Inschrift enthält nach Epp. den Bericht über eine an diesem Tage an der südlichen Seite der Ekliptik stattgehabten Mondfinsterniss. Auf Grund der astronomischen Angaben des keilinschriftlichen Berichts gelangt Epping zu dem Resultat, dass die signalisirte Mondfinsterniss diejenige vom 10./11. April des Jahres 80 v. Chr. (astron. = — 79) ist (ZA. IV. 76. 77). Dieses Jahr, dem Jahre 232 der Aera der zweiten Reihe gleich gesetzt, gelangen wir in das Jahr 312/311 v. Chr. als das Anfangsjahr der betreffenden Aera; dieses Jahr nun aber entspricht dem Jahr 1 der Seleucidenaera. Das Anfangsjahr der anderen Aera, nach Epping-Strassmaier derjenigen der Arsaciden, würde uns demnach in das Jahr 248/247 als Jahr 1 dieser Aera führen.[1]

Oppert,[2] der den Namen Aršakâ mit dem zweiten Datum 232,

---

[1] So auch Gutschm. a. a. O. 30 Anm. auf Grund einer Notiz G. Smith's, Assyrian discoveries etc. p. 389.

[2] S. Comptes rendus hebd. des séances de l'Académie des sciences CVII, 1888 p. 467 s. (3 Septbr. 1888).

also dem Jahre 232 der Arsacidenaera in Verbindung setzt, dachte, nach einer in Betracht zu ziehenden Mondfinsterniss Umschau haltend, in Rücksicht auf die bezüglichen Angaben Pingré's und Oppolzer's, an die Mondfinsterniss vom 23. März des Jahres 24 v. Chr. und gelangte damit zugleich für den Anfang der Arsacidenaera in das Jahr 232 + 24, d. i. in das Jahr 256 (255), wobei ihm das Zusammentreffen dieses so gefundenen Anfangs der Arsacidenaera mit der ganz gleichen Angabe des Justin — gemäss der überlieferten Lesart (s oben) — begreiflicherweise nur erwünscht war. Freilich hat er sich später von der Unhaltbarkeit seiner Ansicht überzeugen müssen und dann dieselbe wieder aufgegeben (s. sogleich). Spricht nämlich nach dem oben Ausgeführten gegen diesen Ansatz schon der Umstand, dass dann der Beginn der Arsacidenaera in das Jahr 256/55 anstatt 250 bez. 248 v. Chr. entgegen der ausdrücklichen Angabe des Eusebius (s. oben) zu verlegen wäre, so schliessen zwei weitere von Epping veröffentlichte astronomische Inschriften, enthaltend Calenderangaben betreffend die Jahre 189 und 201 (Aršakâ), diese Heranziehung der Finsterniss vom Jahre 24 v. Chr. ihrerseits aus: »mais les textes du P. Epping m'ont demontré que cette ère ne pouvait prendre naissance non plus en avril 255 avant J. C.« (Journ. Asiat. Avril-Mai 1889, séance du 10 Mai, p. 513 a. a. O. p. 512). Er denkt jetzt für die Mondfinsterniss des Jahres 232 Aršakâ an die Finsterniss vom Jahre 51 unserer Aera und gelangt für den in Aussicht genommenen Anfang der Arsacidenaera in das Jahr 181 v. Chr. (181 v. Chr. + 51 n. Chr. = 232 Jahre): »le texte aura été rédigé sous l'empereur Claude« (a. a. O. p. 513).[1] Andererseits hält Epping in ausführlicher Begründung seine Beziehung der Angaben der Inschrift des Jahres 232 auf die Mondfinsterniss vom Jahre 80 (= −79) nicht nur mit Entschiedenheit fest (s. denselben in Z. f. A. IV, 76—82),[2] sondern macht auch inzwischen noch weitere Instanzen für jene Annahme geltend. Er sieht diese Instanzen in zwei keilschriftlichen Berichten über zwei Mondephemeriden und zwar (s. vorhin) einer solchen gemäss Schlussdatirung aus dem Jahre 125 = 189 Aršakâ und der anderen 137 = 201 Aršakâ. Er findet, dass die in der ersten Tafel erwähnte Mondfinsterniss nur diejenige des Jahres 189 der Seleucidenaera = 23. März 123 (= 122) v. Chr., die andere nur die vom Jahre 201 der Seleucidenaera = 10. April + 111 (— 110) sein kann. »Die Angaben, welche bei den Jahren 189 und 201 SA in den Tafeln gemacht

[1] Vergl. S. 508 a. a. O.: »Si on n'assimile pas l'éclipse décrite à celle de l'an 24 [avant J. C.] il n'y a pour satisfaire aux exigences de la description que les éclipses du 14 avril 51 et du 14 avril 116 après J. C. Nous devrons examiner etc.« S. auch in Z. f. Ass. IV (1889 S. 399).

[2] Oppert's gegentheilige Argumente s. in Z. f. A. IV. 397 ff. und J. A. (1888) a. a. O.

sind, weisen auf eine Gesammtheit von astronomischen Erscheinungen hin, die nur für die Jahre —122 und —110 passen, und zwar mit einer Ausschliesslichkeit, welche sich auf Jahrtausende erstreckt« (Epping, Astronomisches aus Babylon, Freib. 1889 S. 176). Die Aera der Aršakâ-Jahre wäre dann auch hiernach in Wirklichkeit die Seleucidenaera, die correct mit Herbst 311 (= —310) begönne, und die um 64 Jahre jüngere (Beginn 247 v. Chr.) könnte dann als Arsacidenaera betrachtet werden (s. oben).

Anders wiederum Oppert. Zwar eine früher vertretene Ansicht, dass sich die betreffenden Angaben der beiden Thontäfelchen auf die Mondfinsternisse der Jahre 67 und 55 v. Chr. bezögen, hat er auf Grund der Texte Strassmaier's und wohl auch der Lesungen Epping's inzwischen aufgegeben (Journ. Asiat. a. O. 508; 513; Z. J. A. IV, 399). Aber er glaubt nunmehr in den Eklipsen der Jahre 8 und 20 nach Chr. diejenigen Finsternisse gefunden zu haben, welche den auf den die Mondephemeriden enthaltenden Thontäfelchen (Epping, Astronomisches aus Babylon S. 49—55) in Aussicht genommenen Inschriften der Jahre 189 und 201 Aršakâ entsprächen, so dass (s. oben) der Beginn der Arsacidenaera in das Jahr 181 v. Chr. hinabzurücken wäre (a. a. O. 513). Er beruft sich dabei insbesondere noch auf eine Angabe, betreffend die Finsterniss vom 28. Thammûz, welche diejenige vom 21. Juli des Jahres 8 n. Chr. sei, was zu einer Angabe des Textes, betreffend den gleichen Tag als Tag des Aufganges des Sirius gut stimme (a. a. O.).

Zu diesen verschiedenen Hypothesen und zwar vom fachmännisch-astronomischen Standpunkte aus Stellung zu nehmen, darauf müssen wir verzichten. Was aber, abgesehen von dem specifisch Astronomischen, sehr erheblich für Epping in's Gewicht zu fallen scheint, ist zunächst der Umstand, dass, sind Epping's Berechnungen und Ansätze die richtigen, nicht bloss die drei Finsternisse vom Jahre 80 (—79), 123 (—122), 111 (—110) v. Chr. unter einander in befriedigender Weise zu einander sich fügen, sondern auch zu den sonst gesicherten Angaben, betreffend den Anfang der Seleucidenaera = Herbst 311 (—310) gut stimmen würden. Es kommt hinzu, dass lediglich und ausschliesslich bei dieser Annahme und diesen Gleichstellungen sich die andere jüngere (erste) Datenreihe mit ihrer Differenz von constant 64 Jahren gegenüber der anderen in befriedigender Weise mit dieser zweiten in Beziehung setzen lässt (Anfangsjahr der Arsacidenaera 247 v. Chr. = 250 Justin, 248 Eusebius). Bei den anderen versuchten Datirungen der zweiten Reihe würde die erstere in der Luft schweben, während wiederum denn doch der Umstand, dass auch nach ihr für Jahrhunderte gezählt ward, darauf führt, dass wir es auch bei

dieser Aera mit einer festen, lange im Gebrauch gewesenen und sicherlich auch öffentlich anerkannten zu thun haben. Ohnehin muss bei der einen der beiden Aeren jedenfalls an eine irgendwie anzusetzende Arsacidenaera zu denken sein, wie der ständige Zusatz Aršakâ šar šarrâni unwiderleglich beweist.

Hier nun aber erheben sich Bedenken, welche auf einem ganz anderen, nämlich dem historischen Gebiete liegen und welche diese ganzen astronomischen Aufstellungen bezüglich der Ergebnisse in Frage zu stellen drohen, Bedenken, welche wohl auch in erster Linie Oppert dazu führten. die Richtigkeit derselben anzuzweifeln.[1]

Zwar zunächst, dass die nach der Seleucidenaera datirten Täfelchen auch den Namen des Seleucus nach der Jahreszahl aufweisen (»mais l'ère des Séleucides est toujours distinguée par le nom de Séleucus« Compt. rend. l. c. 468), kann in dieser Ausschliesslichkeit nicht wohl behauptet werden: Inschrift 11 bei Strassmaier (ZA. III, 149 = 137) weist hinter der Jahreszahl 170 (šattu 170 KAN Dimitri(su?[2]), d. i. 170 der Seleucidenaera = 142 v. Chr.), den Namen Dimitri(su), d. i. Demetrius auf, das ist aber Demetrius II Nicator, der c. 145 auf den Thron kam,[3] nicht also den Namen Siluku, wennauch Demetrius ein Seleucide war. Waren ferner die Arsaciden in den Augen der Babylonier Rechtsnachfolger in der Herrschaft des Seleucus und der Seleuciden, wie Demetrius ein solcher war, so konnten die Tafelschreiber unbedenklich der betreffenden Jahreszahl der Seleucidenaera auch den Namen Aršakâ beischreiben, weil die betreffenden Documente ebenso unter einem Arsaces aufgesetzt wurden, wie jenes andere unter einem Demetrius. und ist die betreffende Datirung auf dem Demetriustäfelchen etwa zu interpretiren: »Jahr 170 [der Seleucidenaera zur Zeit, da] Demetrius [regierte]«, so liesse sich die andere des sogenannten Arsacidentäfelchens Nr. 9 etwa fassen: »Jahr 232 [der Seleucidenaera zur Zeit als] Aršakâ [regierte]«.

Die Doppeldatirungen liessen sich nach diesem Analogon ebenfalls ohne Schwierigkeit ganz plausibel interpretiren, z. B. diejenige der Inschrift Nr. 9:

šattu 168 KAN | ša ši šattu 232 KAN | Aršakâ šar šarrâni |

»Jahr 168 | welches ist Jahr 232 | Arsaces, König der Könige | d. i. Jahr 168 (scil. der Arsacidenaera), welches gleich ist dem Jahre 232 (scil. der Seleucidenaera), (als) Arsaces König der Könige (war)«.

[1] »Mais ce n'est pas aux astronomes de nous dire quand a commencé l'ère des Arsacides: c'est à nous de leur notifier ces faits; c'est à nous de leur expliquer que l'an 108 des Arsacides ne peut être l'an 204 avant J. C., puisqu'à cette époque Antiochus III était encore maitre de Babylone« etc. (J. A. l. c. 507. Vergl. Comptes rendus l. c. p. 468; ZA. IV. 399).

[2] S. weiter »Nachtrag« S. 1332. [3] S. v. Gutschmid a. a. o. 51.

Eine besondere »Aera des Demetrius« anzunehmen, dazu liegt natürlich kein Grund vor. S. dazu weiter »Nachtrag«.

Das unter allen Umständen gänzlich lose und unvermittelt angeschlossene Aršakâ šar šarrâni (beachte das Fehlen eines relativischen ša vor demselben, wie übrigens auch bei den nach Dimitri[su], Siluku, Aliksandar [II] datirten) wäre dann entweder, wie bei Dimitri(su), auf eine Einzelperson, nämlich einen der dreissig und so und soviel Arsaciden, oder aber auf die durch den ersten Arsaces gestiftete Gesammtheit der Dynastie zu beziehen, wie bei Siluku šarru »Seleucus, der König«,[1] in Fällen wie šattu 94 Siluku u. s. w. (Taf. Nr. 13) und ähnlichen, d. i. bei Jahren und in Zeiten, da Könige ganz anderen Namens, als des Namens Siluku, wenn im Übrigen auch Angehörige der Seleucus-Dynastie, auf dem Thron sassen.

Ein erheblicheres Bedenken dagegen würde schon der Umstand involviren, wenn auf einem solchen Täfelchen ein Partherkönig mit Namen aufgeführt wäre, dessen Zeit zu der bei den oben angenommenen Aeren sich nicht fügen würde. Einen solchen Fall würden wir bei der Inschrift Nr. 9, datirt aus dem Jahre 232 Aršakâ, vorliegend finden, falls wir hier mit Oppert bei dem dort genannten, das Horoskop (?) stellenden (?) Urudâ an einen »König« Orodes[2] zu denken hätten. Der einzige Partherkönig dieses Namens, der hier füglich in Betracht kommen könnte, ist König Orodes I. (54 [?][3]—37 v. Chr.),[4] der bekannte Gegner der Römer. Wir würden dann mit dem Jahre 232 Aršakâ bis in dessen Regierungszeit hinabzugelangen haben.

Für diesen Zeitraum steht aber keine geeignete Mondfinsterniss in den Tafeln der Astronomen zu Gebote, da diejenige des Jahres 24 v. Chr., ebenso wie die der Jahre 51 und 116 n. Chr., durch die Zeit des Königs (54 [?]—37 v. Chr.) eben ausgeschlossen sind.

So stehen wir vor einem völligen Räthsel, und die nächste Frage, die sich uns nunmehr aufdrängt, ist die: ist denn hier auch überhaupt von einem König des Namens Orodes die Rede? —

In der Autographie der betreffenden Inschrift (ZA. Bd. III, 147) bietet Strassmaier in Z. 3 hinter dem Namen U-ru-da-a die Reste,

---

[1] Der Titel šar šarrâni »König der Könige« wurde den Seleuciden von den Babyloniern wohl überhaupt nicht beigelegt, nannte sich doch auch Seleucus selber ebenso wie seine Nachfolger immer nur einfach βασιλεύς. Auch die Arsaciden dazu haben den Titel »Grosser König der Könige« erst verhältnissmässig spät angenommen. S. Gutschmid a. a. O. 57 und vergl. unten. Auch sie selber wurden noch später gelegentlich bloss šarru titulirt, s. S. 1327 Anmerkung 1.

[2] Dass der Name Urudâ mit dem Namen Orodes Ὀρώδης, Ὡρώδης sich deckt, bedarf keiner Erörterung.

[3] Nach Gutschmid ward sein Vorgänger Phraates III. um 57 ermordet (a.a.O. 86).

[4] Orodes II. um 6 n. Chr. regierte nur kurze Zeit s. Gutschmid 118.

näher die Köpfe dreier horizontaler Keile, hinter denen die Keilschriftzeichen gänzlich verwischt und unleserlich erscheinen. Auf eine Bestimmung des betreffenden Keilschriftzeichens als Ganzes verzichtete zunächst seinerzeit Strassmaier in seiner Transscription. Später glaubte er in den Zeichenresten die Reste des Zeichens d. i. des Zeichens für šangû »Priester, Gelehrter« zu erkennen, und darauf geht vermuthlich Oppert's »astronome« (Comptes rendus a. a. O. 469) zurück. Neuerdings aber glaubte Strassmaier den Anfang des babylonischen Zeichens für »König« šarru, nämlich zu erkennen. und darauf hin hat dann wieder, soviel ich weiss, Oppert die Inschrift auf einen Partherkönig Orodes bezogen.

Bei der Wichtigkeit der Sache hielt ich es für angezeigt, vorab das palaeographisch zu Ermittelnde festzustellen. Ich wandte mich zunächst an den Herausgeber der Inschriften selber mit der Bitte um erneute Untersuchung der Inschrift auf diesen speciellen Punkt hin. Strassmaier schreibt mir unter dem 30. September d. J.: »Das beschädigte Zeichen der (»sehr schlecht geschriebenen« Strassmaier) Tafel [R^{m} IV, 118^{A}] am Ende Zeile 3 scheint mir am wahrscheinlichsten šarru und nicht mis = šangû, dupsarru zu sein«. Bei dieser einigermaassen unbestimmt lautenden Aussage bat ich Hrn. Dr. Bezold vom Brit. Museum um gefällige Einsichtnahme von dem Original auch seinerseits. Seine Mittheilung vom 13. October d. J. lautet: »R^{m} IV, 118a = ZA$^{\text{(III)}}$ 1888, 147 Nr. 9 Z. 3. Zu sehen ist etwa ; man glaubt also zunächst nach einen senkrechten Keil setzen zu müssen. Vergleicht man aber das Zeichen nach in Z. 2 damit, so fällt in die Augen, dass dies mit dem fraglichen Zeichen in Z. 3 höchst wahrscheinlich identisch ist, also in der That šarru zu lesen wäre«.

Hiernach scheint denn allerdings die Lesung U-ru-da-a ša[rru] die palaeographisch am besten verbürgte zu sein; jedenfalls ist mit ihr in erster Linie zu rechnen. Z. 1—3 der betreffenden Inschrift würden danach in Transscription lauten:

1. šattu 168 KAN ša ši-i
2. šattu 232 KAN Ar-ša-kan šar [šarrâni[1]]
3. ša it-tar-ri-iṣ(?) . . . U-ru-da-a [šar šarrâni(?)] . . . . .

Dann folgt von Z. 4 an mit araḫ Nisannu »Monat Nisan« der astronomische Bericht.

[1] Nach Bezold fehlt Z. 2 hinter nichts. Wir hätten hier den analogen Fall wie in den Inschriften Sp. 189. 129 bei Epping-Strassmaier, Astron., autogr. Beigabe Z. 75 und Rand 1, bez. Z. 72 und Rand 2, an welchen Stellen wir (wie übrigens auch sonst) dem einfachen šarru »König« hinter Aršakâ begegnen.

Leider erhebt sich, die Lesung hinter Urudâ als die bestverbürgte einmal zu Grunde gelegt, eine neue Schwierigkeit in dem das Verbum enthaltenden ša it-tar-ri-iṣ Z. 3, indem Bezold anstatt des schliessenden Zeichens das andere = it-tar-ri-du als das am wahrscheinlichsten zu lesende zu erkennen glaubt (a. a. O.) Während ferner bei Zugrundelegung der Lesung ittarriṣ Strassmaier-Epping übersetzen (ZA. IV, 78): »Beobachtungsbericht von Urudâ« (sie fassten die Worte wohl: »was festgestellt wurde in Bezug auf [König] Urudâ«), gab Oppert die Worte wieder als: »que prédit Orode«, fasste also Urudâ nicht als Object der Weissagung bezw. Horoskops, sondern als weissagendes Subject, freilich zu einer Zeit, als er in Orode noch »l'astronome« sah (C. r. a. a. O. 467). Bei der Lückenhaftigkeit des Textes gerade in Zeile 3 und der Dunkelheit des ganzen Zusammenhangs möchte ich für meinen Theil, selbst die Richtigkeit der Lesung ittarriṣ angenommen, einen Entscheid nicht geben; doch scheint mir, billigt man die Lesung Urudâ šarru, geschähe also des *Königs* Erwähnung, die erstere Lesung in unseren Augen eine grössere Wahrscheinlichkeit für sich zu haben. Alles aber würde natürlich wieder in Frage gestellt erscheinen bei einer — zunächst gänzlich unverständlichen — Lesung ittaridu (s. oben). Aber wie nun kann im Jahre 80 v. Chr., in welches Jahr Epping-Strassmaier die Inschrift verlegen, des »*Königs*« Orodes Erwähnung gethan, ihm ein Horoskop gestellt sein, ihm, der erst zwanzig und mehr Jahre und zwar gewaltsam, durch die Ermordung seines Vaters, auf den Thron gelangte? — Strassmaier glaubt, gemäss einer gefälligen brieflichen Mittheilung, die Schwierigkeit dadurch überwinden zu können, dass er annimmt, das Horoskop sei niedergeschrieben, als Orodes auf den Thron gelangte, vielleicht ungefähr 25 Jahr alt war, so dass — wir denken ex sensu unseres Fachgenossen — dadurch etwa seine Legitimität *nachträglich* dargethan werden sollte. Es wären mit einem Worte, auf Grund früherer astronomischer Aufzeichnungen, die betreffenden Himmelserscheinungen *nachträglich* auf den »König« Orodes bezogen, der vielleicht im Jahre der beobachteten Himmelserscheinung *geboren* wäre — eine sicherlich kühne, aber am Ende vielleicht nicht unmögliche Annahme. Ist die Lesung ittaridu (s. oben) die urkundliche, so würde freilich auch dieser Combination der Boden entzogen sein. Unter allen Umständen kann aus dieser Inschrift mit ihrer erörterten Aussage über Urudâ eine entscheidende Instanz für das *pro* und *contra* der uns beschäftigenden Frage nicht hergenommen werden.

So spitzt sich denn schliesslich Alles zu der Frage zu: stimmen denn die Daten selber auch zu den *geschichtlichen Verhältnissen*, zu

der politischen Lage und den Ereignissen der Zeit, aus welcher die Täfelchen, falls die je zweite Zahlenangabe auf die Seleucidenaera bezogen wird, datirt sein würden? Stimmen die betreffenden Datirungen zu den für diese Zeit vorauszusetzenden historischen Thatsachen? Dass diese Frage bezüglich der Documente und Berichte, welche aus der Zeit nach dem Sturze des Demetrius II. Nicator, d. i. nach 142 bez. 140(39) (Gutschm. 51 flg.) stammen, unbedenklich mit Ja beantwortet werden kann (wir reden, wie ich wiederhole, nur von den zweiten, der Seleucidenaera zugewiesenen Jahresangaben), wird zugestanden werden müssen. Denn seit Mithridates I. den Demetrius definitiv niedergeworfen hatte, war an die Stelle der Seleuciden die Dynastie der Parther auch in Babylonien getreten und es ist durchaus begreiflich, dass seit dieser Zeit bei den Jahresangaben auf babylonischen Documenten der Name des Partherkönigs (als »Aršakâ šar šarrâni«) erscheint. Freilich würde man auch so, im Hinblick auf die sonst bei den Babyloniern bestehende Übung, die Partherherrschaft erst von dem Jahre an datirt zu sehen erwarten, wo der Partherkönig auch wirklich Babylonien unter seine Botmässigkeit gebracht hatte, also z. B. nicht bereits vom Jahre 250/248 an. Indess können ja nach so radicaler Umwälzung aller Verhältnisse, wie sie durch die griechische Eroberung und die griechische Herrschaft herbeigeführt war, bestehende alte Übungen verlassen sein. Und dass die Beifügung des Namens Aršakâ bei der auch die Seleucidenjahre berücksichtigenden Angabe an der nackten Beifügung des Namens Dimitri(su) = Demetrius (II, Nicator) ein hinlängliches Analogon hat, habe ich schon oben bemerkt.

Anders aber steht es mit den Täfelchen, die aus Jahren vor dem definitiven Ende der Seleucidenherrschaft in Babylonien, sagen wir rund vor 140 v. Chr., datirt sind. Dass babylonische Documente und Berichte zur Zeit der legitim und factisch in Babylonien bestehenden Herrschaft der Seleucidenkönige wie nach der Aera dieser legitimen Herrscher so zugleich auch nach einer anderen, fremden, Babylonien gar nichts angehenden Dynastie datiren sollten, wäre unbegreiflich. Derartiger Daten nun aber haben wir mehrere. Von diesen sind bis jetzt die nachfolgenden bekannt:

1. Strassmaier Nr. 1 = 108 Arš. (= 108 Sel. = 204 v. Chr.);
2. Strassm.-Epping[1] » » = 153 » (= 153 » = 159 » »);
3. Strassmaier » » = 156 » (= 156 » = 156 » »);
4. » » » = 157 » (= 157 » = 155 » »).

Auch die drei jüngsten dieser Daten = 159—155 v. Chr. würden noch in eine Zeit treffen — die des Demetrius Soter (162—150 nach

[1] Z.A. V. 354.

Gutschmid 42. 51) —, in welcher die griechische Herrschaft als solche in Babylonien eine von den Parthern noch unbestrittene war; eine Datirung von babylonischen Urkunden nach Jahren der noch gar nicht in Babylonien gebietenden Parther müsste ausserordentlich befremden. Vollends die Datirung eines Täfelchens aus dem Jahre 204 v. Chr., aus der Zeit Antiochus III., des Grossen (223—187 nach Gutschm.)!

Noch einmal hatte das Seleucidenreich eine Ausdehnung im Osten erreicht, wie nur je das Alexanderreich. Auf dem gewaltigen Zuge des Antiochus vom Jahre 209 und den folgenden Jahren nach dem Osten, auf welchen er bis zum Paropamisus und in's Kabulthal hinabgelangte, um durch Arachosien und Drangiana den Rückmarsch anzutreten, zog dieser auch Parthien in Mitleidenschaft, das zum Frieden gezwungen und dessen König Arsaces III. (II), wie Gutschmid annimmt, »ohne Zweifel zur Anerkennung der macedonischen Oberhoheit genöthigt wurde« (a. a. O. 37). Im Jahre 206 ward der Friede mit Baktrien abgeschlossen (ebenda 38). Und zwei Jahre später (204 v. Chr. s. ob. S. 1329 unter 1) sollte man in Babylon nach Jahren der im fernen Hyrcanien und jenseit desselben siedelnden Parther, der von den Macedoniern besiegten Parther datirt haben? — Mit gutem Fug hat Oppert an dieser historischen Unmöglichkeit angestossen und darauf seinen Finger gelegt (Comptes rendus l. c. 468; J. A. ll. cc., ZA. IV, 176), um damit seine Zweifel an der Richtigkeit der entgegengesetzten chronologischen Aufstellung zu begründen.

Bei dem, wie auch ich glaube, entscheidenden Gewichte, welches diesen Datirungen zukommt, hielt ich es für angezeigt, über die Verlässlichkeit der palaeographischen Wiedergabe der betreffenden Keilschriftzeichen auch dieser Inschriften zur Sicherheit zu gelangen. P. Strassmaier schrieb mir nun hierüber unter dem 30. Sept. d. J.: »(Auch) die Inschrift R^m IV, 106 (ZA. III, S. 143) habe ich collationirt. Dieselbe ist sehr schlecht erhalten, doch die Zahl 𒈬 𒁹 𒈨 𒐋 𒄰 ist ziemlich sicher; es könnte vielleicht die Zahl 107 (= .... 𒐌) sein, aber nicht 208 [= 𒈫 𒈨 𒐍]«.

Da das »ziemlich sicher« der gütigen Mittheilung noch immer eine gewisse Latitüde liess, glaubte ich noch des Weiteren den dazu bei der betreffenden Streitfrage für seine Person völlig unbetheiligten Hrn. Dr. Bezold vom Brit. Museum um eine gefällige Inspection des Originaltäfelchens auch seinerseits ersuchen zu sollen. Seine Angaben bestätigen die Angaben Strassmaier's durchaus. Er schreibt mir unter dem 13. October d. J., betreffs R^m IV, 106, Z. 9: »... die VIII (𒐍) vor kam undeutlich, aber wahrscheinlich. Das vorher-

gehende mi ([cuneiform]) ist auch etwas verwischt, jedoch sehr wahrscheinlich. Aber das diesem vorhergehende I ([cuneiform]) ist wiederum ganz klar und deutlich, also ganz sicher: Einhundert ....«. Ebenso bestätigt mir derselbe, dass die das Datum 156 [Aršakâ] = (?)156 v. Chr. aufweisende Inschrift Nr. 2 Strassmaier = Sp. II, 567 in Z. 10: [cuneiform], also »einhundert sechs und fünfzig« bietet. Diese Daten der beiden Inschriften, dieselben auf die Seleucidenaera bezogen, sind aber für den Historiker bei dem dermaligen Stande des historischen Wissens unannehmbare, zumal die Daten Nr. 3 und 4 (s. oben) ohnehin diesen palaeographischen Erhebungen nur zur Bestätigung gereichen. Ist dem aber so, so fällt anderseits nach unserm Dafürhalten auch jede Möglichkeit hinweg, die zweite Reihe der Daten der in Rede stehenden Inschriften, d. i. derjenigen Daten, welche das Aršakâ(kan) šar šarrâni unmittelbar hinter sich aufweisen, auf die Seleucidenaera zu beziehen.

Ich mache in beregter Hinsicht schliesslich noch darauf aufmerksam, dass von den in Rede stehenden babylonischen Inschriften schon die älteste (es ist die Inschrift vom Jahre 108 Arš. (Nr. 1; über Nr. 9 s. vorhin), bei Aršakâ den Titel šar šarrâni »König der Könige« bietet, das ist aber den Titel, den sich zuerst Mithridates I. (174 (bez. 171) — 137 v. Chr.) beilegte, (v. Gutschm. a. a. O. 57; vergl. G. Rawlinson a. a. O. 88). Also im Jahre 108 der Seleucidenära (nach Strassmaier-Epping), d. i. im Jahre 204 v. Chr., hätten die Babylonier dem fremden Arsacidenkönig, der ihr Gebiet ohnehin noch gar nicht als Eroberer oder Herrscher betreten hatte, den Ehrentitel eines »Königs der Könige« beigelegt, den ihre eigenen Könige sich niemals beigelegt hatten[1] und den ein König jener anderen, fremden Dynastie erst 30 und mehr Jahre später anzunehmen für gut fand[2]? Das scheint uns völlig unglaublich (vergl. hierzu oben S. 1326 Anm. 1).

So schliessen wir, da die wohl versuchten positiven Aufstellungen des um die Aufhellung des uns hier entgegentretenden Räthsels so

[1] Auch Antiochus Soter (280—260 v. Chr.) nennt sich auf einer babylonischen, nach Art der alten babylonisch-assyrischen Inschriften stilisirten Thoncylinderinschrift Col. I, 1 flg. (s. Keilinschr. Bibl. III, 2 S. 136 flg.) ausser: »der grosse König, der mächtige König« u. s. w. lediglich nach Weise der Perserkönige šar mâtâti »König der Länder«, nicht: šar šarrâni.

[2] Hr. A. v. Sallet bestätigt mir unter dem 24. November d. J., dass auch ihm keine Münze vor Arsaces VI = Mithridates I bekannt sei, welche den Titel βασιλέως βασιλέων μεγάλου führe. Er fügt hinzu: »Auch sind es von Arsaces VI nur seine offenbar allerspätesten Münzen (mit Tiara), die diesen Titel zeigen; man sieht dies am Stil und an dem gealterten Gesicht. Die anderen, früheren Münzen des Königs haben nur das alte βασιλέως μεγάλου.« Das stimmt wiederum gut zu dem oben Bemerkten: bekanntlich fällt die Eroberung Babyloniens erst in die Zeit gegen Ende

hervorragend bemüht gewesenen Hrn. Collegen OPPERT ihrerseits wieder von Bedenken nicht frei sind, mit einem völlig negativen Ergebnisse, mit einem einfachen Non liquet. Unbeschadet der Anerkennung des Gewichts der geradezu blendenden astronomischen Ergebnisse EPPING's müssen wir vor dem Proteste, den die hinlänglich beglaubigte geschichtliche Überlieferung einlegt, zurückweichen. Die Doppeldaten der sogenannten Arsacideninschriften sind für uns zur Zeit noch nicht erklärt.

Nachtrag. Weitere derartige Daten finden sich auf den von EPPING und STRASSMAIER bearbeiteten »Neuen babylonischen Planeten-Tafeln« (Z. f. Ass. V S. 341 ff.). Von diesen reicht das älteste nur bis in das Jahr 89 = 153 [Arš.] hinauf (S. 354), trägt also zur Entscheidung der uns beschäftigenden Frage nichts Neues aus. Unter denselben befindet sich auch eine Tafel, datirt: šattu 157 KAN Di-mit-ri šarru, d. i. »Jahr 157 Demetrius, König«. Das Jahr 157 der (hier natürlich gemeinten) Seleucidenaera weist uns in das Jahr 155 v. Chr. Der hier gemeinte Demetrius ist somit Demetrius I Soter, der von 162—150 (s. v. GUTSCHMID 62) auf dem Throne sass. Beiläufig wird durch diese Tafel die Schreibung bez. Aussprache Dimitri (anstatt Dimitri-su) als eine thatsächliche erhärtet. Vermuthlich ist danach auch die Lesung: [cuneiform] in der Inschrift 11 bei STRASSMAIER ZA. III, 149 (oben S. 1325) zu der andern: Di-mit-ri [cuneiform] = šarru zu ergänzen.

---

seiner Regierung; G. RAWLINSON a. a. O. 77 setzt die (erste) Eroberung in die Zeit um 150 v. Chr.; GUTSCHMID a. a. O. 52 den Fall Seleucias in die Zeit nach 147 v. Chr. Die definitive Besiegung des Demetrius II fällt nach dem Letzteren zudem erst in das Jahr 139 v. Chr.

Ausgegeben am 11. December.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1890.
LI.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

11. December. Sitzung der philosophisch-historischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. Mommsen.

1. Hr. von Sybel las: Die Entstehung des Amts des Generalpolizeidirectors im Jahre 1854.

2. Hr. Schmidt legte einen Bericht des Hrn. Prof. A. Brückner hierselbst vor über seine von der Königlichen Akademie subventionirte Reise 1889/1890.

Der Bericht folgt umstehend.

Bericht des Prof. A. Brückner über seine von der Königlichen Akademie subventionirte Reise 1889/1890.

Zum Zwecke einer Neubearbeitung der älteren polnischen Litteraturgeschichte (bis zur zweiten Hälfte des XVIII. Jahrhunderts) war vor allem Einsicht zu gewinnen in bisher wenig oder gar nicht bekannte handschriftliche Quellen, welche das vorhandene Material erheblich bereichern sollten. Nach dieser Richtung hin wurde nun das Handschriftenmaterial der Kaiserlichen öffentlichen Bibliothek in Petersburg, sowie dasjenige einiger öffentlichen und Privatsammlungen in Warschau, Krakau, Lemberg, Danzig und Königsberg untersucht; das hierbei gewonnene Material wird im Folgenden summarisch verzeichnet.

I. Litteratur des Mittelalters (1350—1500).

a) Das älteste Denkmal der polnischen Sprache, sechs Predigten (eine vollständig, von den übrigen Fragmente) auf Fest- und Heiligentage, Rest einer grösseren Sammlung; das Denkmal fällt schon durch seine Schreibung auf, in welcher das System der lateinischen Abbreviaturen auf die lingua vulgaris angewendet wird.

b) Tischzucht des Slota in 114 Versen, das älteste polnische Originalgedicht weltlichen Inhaltes, bald nach 1400 abgefasst.

c) Viele Abschriften gereimter Dekaloge beider Fassungen und des Salve regina; mehrere Christ-Marien- und Heiligegeistlieder; eine Dorotheenlegende in zwölf dreitheiligen Strophen, Transscription eines böhmischen Textes, aus dem Anfange des XV. Jahrhunderts.

d) Historia trium regum aus dem lateinischen des Johannes von Hildesheim in etwas gekürzter Fassung, sonst wörtlich übersetzt; ausführliche Passio und Höllenfahrt Christi nach den vier Evangelisten und Apokryphen; eine andere Passio Christi in 102 Capiteln; alle drei Texte in Abschriften des XVI. Jahrhunderts. Ausserdem eine Übersetzung der Evangelienconcordanz, von der jedoch nur der Anfang erhalten ist; Übersetzung des canon missae in mehreren Abschriften; einzelne Gebete u. dergl. m.

e) Historia Alexandri magni regis Macedoniae de proeliis, wörtlich aus einer lateinischen Incunabel (z. B. Argentine 1486) wahrscheinlich vom Übersetzer der Dreikönigslegende übersetzt, in einer Abschrift vom Jahre 1510.

f) Ein ausführlicheres lateinisch-polnisches Glossar aus der Mitte des XV. Jahrhunderts in mehreren Abtheilungen; zahlreiche Abschriften eines lateinischen Wörterbuches (der Rosarius oder Granarius) mit einzelnen polnischen Glossen; mehrere kleine lateinisch-polnische Wortverzeichnisse.

g) Lateinische Predigten, meist polnischer Verfasser, z. B. des Lucas de Magna Coszmin, Johannes de Slupcza, Wigandus von Przemyśl, Nicolaus in Wilno (1501), Paulus de Zator u. a., mit polnischen Glossen, etwa 50 Handschriften der Art; bedeutsamer als die Glossen selbst sind die in den Predigten enthaltenen Angaben über Sitten und Aberglauben in Polen, welche u. a. die auffallenden Angaben des Długosz über polnischen Götterglauben bestätigen und erweitern.

h) Glossen zu zahlreichen lateinischen Texten, z. B. zu Ovidius, Claudianus, Aesopus, Maximianus u. a., zum sogenannten Seneca de quattuor virtutibus, Guidrinus (Cyrilli Quadripartitus) u. a., besonders reichlich zu den Apostelbriefen und zu den Kirchenhymnen (Hdschr. von 1444).

i) Lateinische Gedichte polnischer Autoren, so das Metrificale des Marcus de Opatowiec und Epitaphien des Martinus de Slupcza auf einen Erzbischof von Gnesen und auf einen Castellan von Meseritz.

II. Sechszehntes Jahrhundert.

a) Von dem bedeutendsten Dichter dieser Zeit, Jan Kochanowski, wurde aufgefunden eine frühe Redaction (vor 1562) zweier Bücher seiner Elegien, die im Drucke 1584 erschienen; diese Redaction enthält einige unbekannte Elegien, die z. B. von der freien Auffassung des Dichters über Coelibat der Geistlichkeit und weltliche Herrschaft des Papstes Zeugniss ablegen; der Text der übrigen Elegien weicht von dem gedruckten, in welchem z. B. Anspielungen auf Ort und Zeit ausgemerzt wurden, erheblich ab. Von demselben J. K. eine satirische Fabel auf Heinrich von Valois in Polen 'ad Nicolaum Firley de electione coronatione et fuga Galli'.

b) Der poetische Nachlass des jung verstorbenen Mikołaj Szarzyński, welchen schon der eigene Bruder nicht recht hatte sammeln können, liess sich fast um das Doppelte vermehren. Das jetzt hinzukommende Material zeigt neue Seiten seines poetischen Talentes.

c) Gedichte eines Anonymus aus der zweiten Hälfte des Jahrhunderts, von grösserem Werthe sowohl wegen ihrer glatten Form wie wegen ihres Inhaltes, meist Bilder zeitgenössischen adeligen Treibens.

d) Gelegenheitsgedichte aller Art, z. B. Epitaphien auf den Wojewoden Hieron. Laski, auf Orzechowski u. a.; paraenetische, politische, satirische (zumal auf die Ereignisse der Jahre 1573 und folgende) Gedichte, lateinisch und polnisch; fromme Lieder u. dergl. m.

e) Briefe, Memoiren, satirische Dialoge, Tractate zur Zeitgeschichte. Besonders genannt sei eine Abschrift der Correspondenz des Jan Laski, des berühmten polnischen Reformators, mit Erasmus, Melanchton u. a., aus denjenigen Jahren (1526—1536), für welche sein deutscher Biograph Dalton nur über geringes Material verfügen konnte; darin auch Erwähnung des Monumentum des Joan. Ostrorog (XV. Jahrhundert). Dann drei Briefe des Dichters Clemens Janicki (1537, 1539); des Stanislaw Orzechowski (Orichovius) wichtige Autobiographie an den päpstlichen Legaten Commendoni von 1564, Briefe von ihm, seine Schrift gegen die zweite Ehe des Königs Sigismund August; gegen dieselbe auch ein Dialog des Andr. Trzycieski, beide vom Jahre 1548; Diarius des Reichstages von 1556; allerlei Reden, darunter die des Krakauer Bischofs an Königin Barbara (Gemahlin Sigismund I.), polnisch, u. a.

III. Periode von 1600—1750.

a) Die Zahl der Werke des bedeutendsten Dichters dieser Periode, Waclaw Potocki, wird erheblich vermehrt, das neugewonnene Material beträgt an 200000 Verse. Dasselbe lässt sich eintheilen in α) religiöse Gedichte, darunter eine ausführliche Paraphrase der vier Evangelien: Busslieder, ein Jugendwerk; Andachtslieder (1678); Klagelieder auf den Tod von Sohn und Tochter (1677) u. s. w.; β) Spruchgedichte, Moralia, deren erster Theil in fünf Büchern auf 1000 Folioseiten die Adagia des Erasmus zu Grunde legt; γ) politische Gedichte, auf den Aufstand des G. Lubomirski, mit scharfen Ausfällen gegen die Königlichen; δ) Novellen in Versen, Geschichte der Tressa und der Gazela (vom J. 1675), der Stoff den spanischholländischen Kriegen entnommen; ε) Idyllen, auf Lipski (von 1676); Libussa; ζ) vermischte Gedichte, Erzählungen, Schwänke u. dergl., eine Sammlung von etwa 900 Folioseiten, u. d. Titel 'Ein Garten, aber ungejätet u. s. w.'; η) Wappenverse, die ihres Inhaltes wegen in das gedruckte Werk, Poczet herbow 1696, nicht aufgenommen worden sind, betitelt 'Odiemek od herbow szlacheckich'.

b) Von den Werken des gebildetsten Polen seiner Zeit, St. H. Lubomirski, sind Jugendwerke ermittelt, ein Schäferdrama Ermida; eine burleske Comödie, Lopes; eine andere, Gusman; ausserdem Verse und Aufsätze aus seinen letzten Lebensjahren.

c) Gedichte des Andrzej Morsztyn, in drei Hdssr., welche den Inhalt der Warschauer Gesammtausgabe (1883) erheblich vervollständigen, meist erotica, vieles obscoen; ungedruckte Gedichte des Hieronim Morsztyn, in vielen Sammelhandschriften.

d) Der Adone des Marini in der trefflichen Übersetzung eines Ungenannten (Grotkowski?) leider unvollständig (Gesang I—VI in einer Krakauer Hds., der Rest fragmentarisch in einer Petersburger). Das Werk tritt den Übersetzungen des Befreiten Jerusalem und des Rasenden Roland würdig zur Seite; vom zweiten noch ungedruckten Theile des Roland (Gesang XXIV ff.) sind in Warschau zwei Hdssr. vorhanden.

e) Religiöse Gedichte des Marcin Zamoyski 'Passia' (in drei Abschriften) 1715, des Kaz. Woyc. Kurdwanowski 1716 u. a.

f) Historische Gedichte: des Eliasz. Pielgrzymowski ausführliche Relation über die Gesandtschaft nach Moskau vom J. 1601 (vorher nur ein unvollständiges Tagebuch in Prosa bekannt) und über die russische Gesandtschaft in Wilno 1602, lehrreich sowohl für die Verhandlungen selbst wie für die Culturgeschichte der Zeit; eines Ungenannten über die Befreiung Samogitiens von den Schweden 1657; einer Dame Autobiographie in Versen 1685 u. a.

g) Romane und Novellen in Versen: die Dionea des Wojewoden Kaz. Ogiński (zwei Copien); des Franc. Morawski Kawaler polski 1747; des Adam Korczyński Wizerunk u. s. w. 1698 (ausführliche, sehr gelungene Behandlung eines Stoffes, den u. a. eine Erzählung im Buch von den sieben weisen Meistern enthält); in Prosa: die Dionea (drei Copien); Alkamen und Menalippe, übersetzt von Balbina Wołłowicz; Cassandra des de la Calprenède (unvollständig); Cleomira; Chryses und Arimant; Galatea, Schäferroman; Abenteuer des Oleander; Der treue Coloander; Don Pedro (Novelle) u. a.; ein Originalroman aus der zweiten Hälfte des XVII. Jahrhunderts, Romans o Krolowey Bonie (Gemahlin Sigismund I.), mehrere Copien.

h) Verse u. a. eines Zabczyc, Georg Dzieduszycki, U. Chr. Radziwił (er selbst übersetzt Satiren aus dem Französischen, die Medea des Corneille, die Comödie Ezop, seine Gemahlin Lebensmaximen) und vieler anderer; eine Menge von Satiren und politischen Gedichten, zumal auf die Ereignisse von 1607 ff., 1648, 1667 ff.; Gelegenheitsgedichte jeglicher Art, einzelne in mazurischen Dialekte; Macaronica des Orzelski (fünf Copien) u. s. w.

i) Intermedien in Vers und Prosa, komische Einlagen in Schuldramen, charakteristisch durch Verwendung der Localdialekte (litauisch, weissrussisch, kleinrussisch, mazurisch) zur Erhöhung der Wirkung.

k) Von den zahlreichen prosaischen Tractaten, Dialogen u. s. w. seien nur hervorgehoben: Antijesuitica, namentlich der vierte und schärfste, ungedruckte Dialog des Broscius (Varietas, in zwei Copien) und des J. Zaremba Unterredung zweier Gefährten von 1694; ausserdem der Liber plebeianorum, verfasst 1626—1636, Verzeichniss der Eindringlinge in den polnischen Adel, obwohl nicht immer verlässlich, doch eine der interessantesten Quellen für Culturgeschichte der Zeit (Originalbrouillon in Petersburg, Abschrift in Lemberg).

In dieses Verzeichniss sind nicht aufgenommen worden diejenigen handschriftlichen Werke, die sich schliesslich als irgendwo gedruckt erwiesen, z. B. der Orpheus des St. H. Lubomirski, 1753 als Werk eines Anonymus gedruckt; die Beschreibung des walachischen und multanischen Landes in polnischen Versen durch den rumänischen Dichter Miron Costin an König Johann III. 1684, gedruckt in den Schriften des Grafen Borkowski I, 1856, (drei Copien in Petersburg), des Wacław Potocki Wirginja, Novelle in Versen (drei Copien) u. a. Es blieben auch ausgeschlossen handschriftliche Übersetzungen mehrerer umfangreicher Werke, z. B. der revelationes Brigittae (Hs. in der Bibliothek der katholischen geistlichen Akademie in Petersburg), des Plutarch (übersetzt durch M. K. 1570), der Catechesen des Cyrill von Jerusalem (aus der zweiten Hälfte des XVI. Jahrh.), der Politik des J. Lipsius (übersetzt von Jan Komorowski zu Anfang des XVII. Jahrh.), des Jac. Bozius Geschichte der Kreuzzüge u. a. 1623, des Strada belgische Kriege 1652 u. dergl. m.

Bei dieser Durchforschung von vielen Hunderten von Handschriften ergaben sich einige Beiträge für andere slavische Litteraturen. Für die russische waren es einige weissrussisch-kirchenslavische Texte, aus dem polnischen oder böhmischen zu Anfang des XVI. Jahrhunderts übersetzt, z. B. eine Visio Tundali, welche die verlorene böhmische Vorlage vertritt, eine Dreikönigslegende, aus einem polnischen Texte, der jedoch mit dem oben genannten nicht identisch ist, wegen seiner ausführlichen Fassung; einige kleinere Texte (Sybille; über die drei Stände nach dem h. Augustin, u. a.). Für die böhmische Litteratur liess sich eine Reihe kleinerer Denkmäler sammeln, mehrfach nur neue Abschriften schon bekannter Texte (Bibel, Legenden in Vers und Prosa, Cato, des Vaters Rath an den Sohn), dann einige glossirte Texte (Predigten, Rayneri Fagifacetus), fast alles erst aus dem XV. Jahrhundert.

Endlich wurden für die Zwecke der Litteraturgeschichte viele Drucke excerpirt; dabei ist einer und der andere bisher verschollene Druck aufgefunden worden, z. B. der litauisch-polnische Catechismus von 1598 (sammt ausgewählten Psalmen, Liedern und einer Agende); ein Gedicht des Marcin Kwiatkowski auf König Stephan 1577 u. a.; die Muza polska von 1674 enthält Gedichte des St. H. Lubomirski und die Poczta des W. Potocki u. dergl. m.

Berlin, 28. November 1890.

Prof. A. Brückner.

Ausgegeben am 18. December.

1890.

LII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

11. December. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Vorsitzender Secretar: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. Auwers las über eine Bestimmung der Sonnenparallaxe aus Meridianbeobachtungen des Planeten Iris in der Erscheinung von 1888.

Ausgegeben am 18. December.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.

1890.

LIII.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KÖNIGLICH PREUSSISCHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

ZU BERLIN.

---

18. December. Gesammtsitzung.

Vorsitzender Secretar: Hr. Mommsen.

1. Hr. Dillmann las: Textkritisches zum Buche Ijob.

2. Hr. Kronecker las: Algebraische Reduction der Schaaren quadratischer Formen.

Beide Mittheilungen folgen umstehend.

3. Hr. Auwers überreichte im Auftrage des Hrn. Prof. E. Holden, Directors der Sternwarte auf Mt. Hamilton, Cal., eine mit dem grossen Refractor derselben aufgenommene Photographie der Sternhaufen im Schwertgriff des Perseus.

4. Die philosophisch-historische Classe bewilligte: 700 Mark Hrn. Prof. Dr. Schwartz in Rostock für die Collation von Handschriften der Kirchengeschichte des Eusebius.

Textkritisches zum Buche Ijob.

Von A. Dillmann.

I.

Die längst erhoffte Ausgabe der von Cardinal Stephanus Borgia gesammelten und nach seinem Tod 1804 zum grössten Theil der Congregatio de propaganda fide, zu einem kleineren Theil der bourbonischen Bibliothek in Neapel zugefallenen ṣa'idischen d. h. oberägyptischen koptischen Bibel-Handschriften ist neuerdings auf Befehl des Papstes Leo XIII vom Collegium der Propaganda in die Hand genommen und dem gelehrten Augustiner Pater Ciasca übertragen worden. Unter dem Titel Sacrorum Bibliorum fragmenta Copto-Sahidica Musei Borgiani, jussu et sumptibus S. Congregationis de propaganda fide, studio P. Augustini Ciasca edita erschien 1885 in prächtiger Ausstattung Bd. I, welcher ausser der Beschreibung der sämmtlichen unter jene Rubrik gehörenden Handschriftenfragmente der Borgianischen Bibliothek und 18 photolithographischen Schrifttafeln den Abdruck der Reste der geschichtlichen Bücher des A. T., mit ausführlichen kritischen Anmerkungen versehen, enthält; Bd. II, im Jahr 1889 ausgegeben, brachte dann, in gleicher Weise bearbeitet, die Reste der profetischen und poetischen Bücher, sammt einer sorgfältigen gelehrten Einleitung über Werth und Beschaffenheit derselben, und 8 weiteren Schrifttafeln. Den Sprachforschern ebenso, wie den Bibelkritikern ist durch diese preiswürdige Ausgabe reiches neues Material dargeboten. Die Perle der ganzen Sammlung und Ausgabe aber ist ohne Zweifel das in Bd. II S. 1—68 mitgetheilte Buch Ijob[1], nicht blos weil dasselbe fast vollständig erhalten ist (es fehlt nur Cp. 39, 9ᵇ bis 40, 7), sondern auch weil wir damit von einem ganzen grösseren Buch einen bisher fehlenden vorhexaplarischen Text gewonnen haben.

Was das sagen will, soll zunächst in Kürze erläutert werden. Dass der hebräische Text des A. T. von Fehlern und zufälligen Ver-

[1] Von Cp. 1, 1 — 39, 9ᵃ aus dem im Zoega'schen Catalog mit Nr. 24 bezeichneten Ms. des Museum Borgianum, von Cp. 40, 8 bis zum Ende des Buchs aus der jetzt in Neapel befindlichen Nr. 25 geschöpft.

derbnissen, auch absichtlichen Änderungen nicht frei ist und seine jetzige Gestalt auf eine nicht vor dem Ende des ersten oder Anfang des zweiten christlichen Jahrhunderts gemachte Festsetzung zurückgeht, wird heutzutage fast allgemein zugestanden. Für die Beschaffenheit des hebr. Textes in der früheren Zeit haben wir einen äusseren Zeugen nur in der s. g. LXX Übersetzung, welche in Ägypten zum Gebrauch der griechisch redenden Juden gemacht wurde, und in der Hauptsache in der zweiten Hälfte des dritten und im zweiten Jahrhundert v. Ch. vollendet sein wird. Trotzdem, dass bei den einzelnen Büchern die Sprach- und Sachkenntniss, die Kunst und Methode der Übersetzer eine sehr verschiedene war und in manchen, namentlich schwierigeren Schrifttheilen das Original oft bis zur Unkenntlichkeit entstellt ist, bietet doch diese LXX Übersetzung im ganzen zur Feststellung des hbr. Textes, wie er im 3. und 2. Jahrhundert v. Ch. circulirte, ein vorzügliches Hilfsmittel, und würde für diesen Zweck noch tauglicher sein, wenn wir dieselbe noch in ihrem ursprünglichen Wortlaut hätten. Aber diese griechische Version wurde mit der Zeit durch willkührliche Änderungen der Leser und Schreiber entstellt. Sodann im 2. Jahrhundert n. Ch., nachdem bei den Juden der hebr. Text seine endgültige Gestalt erhalten hatte, wurden nach dieser *hebraea veritas* eine Reihe neuer oder revidirter griechischer Übersetzungen durch Aquila, Theodotion und Symmachus hergestellt, und nun drangen sporadisch schon vor Origenes Lesarten aus diesen neuen Übersetzungen, theils neben den alten, theils statt derselben in die Abschriften der LXX ein. In ausgedehntem Maasse aber geschah das, nachdem Origenes in seinem grossen Sammelwerk, genannt *Hexapla*, die LXX und diese neuen Übersetzungen columnenweise neben einander gestellt hatte, indem er zugleich die bei der Vergleichung derselben sich ergebenden Defecte des LXX Textes durch Einsätze aus den neuen Übersetzungen, meist aus Theodotion, ergänzte, dieselben jedoch als solche vorn durch den Asteriskos und hinten durch den Metobelos kenntlich machte, das in den LXX Überschüssige aber vorn mit dem Obelos und hinten mit dem Metobelos versah. Diese so nach dem damaligen hebr. Text revidirte LXX fand in der Kirche Eingang. Ihre Lesarten wurden in den schon in Umlauf befindlichen Handschriften nachgetragen oder in die neu verfertigten Abschriften aufgenommen, die kritischen Zeichen aber vielfach, mit der Zeit ganz weggelassen, und so kam schon im Laufe eines Jahrhunderts ein nach der *Hexapla* revidirter LXX Text in Gebrauch. Alle unsere LXX Handschriften, auch die ältesten, sind mehr oder weniger mit solchen hexaplarischen Lesarten durchsetzt; nur in wenigen derselben (theils griechischen, theils lateinischen oder syrischen Handschriften)

sind die kritischen Zeichen der *Hexapla*, theils vereinzelt, theils regelmässiger, nirgends aber vollständig und nirgends ganz correct fortüberliefert. Aus diesen, sowie aus den Resten der altlateinischen Version und den Citaten der jüdischen und christlichen Schriftsteller, die vor Origenes schrieben, galt es, mühsam die Text-Gestalt der alten LXX herauszufinden. Aber nicht für alle Bücher oder Buchtheile des A. T. reichten diese Mittel gleichmässig aus, für einige versagten sie fast ganz, weil jene Handschriften mit den hexaplarischen Zeichen in der Regel nur einen Theil der Bücher des A. T., nie das ganze, umfassen.

Für das B. Ijob speciell, um nun bei diesem stehen zu bleiben, hatte man bisher 1) 2 griechische Handschriften: den Cod. Colbertinus 1952 (in der Nationalbibliothek in Paris), von Montfaucon für seine Ausgabe der hexaplarischen Fragmente verglichen, und Cod. Vaticanus 346, von Holmes-Parsons unter ihrer Numer 248 benutzt; die erstere viel genauer, als die zweite, aber mit einigen Lücken; 2) die von Hieronymus nach der Hexapla verbesserte und mit den kritischen Zeichen derselben versehene altlateinische Übersetzung, erhalten in 2 Abschriften, die eine des Klosters von Marmoutier und gedruckt im 1. Bd. der Ausgabe der Werke des Hieronymus von Martianay (col. 1189 ff.), die andere als Cod. bibliothecae Bodleianae Nr. 2426, aus der schon Grabe, und neuerdings Hawkes für Hrn. Bickell Excerpte gab; auf beiden zusammen ruht die Ausgabe P. de Lagarde's in seiner Schrift »Mittheilungen« Bd. II. Gött. 1887, S. 189—237; 3) die im Jahr 617 f. von Paulus, dem monophysitischen Bischof von Tella bearbeitete syrisch-hexaplarische Übersetzung, die in einem Codex der ambrosianischen Bibliothek in Mailand erhalten ist, und 1835 von Middeldorpf, 1874 und zwar photolithographisch von Ceriani herausgegeben wurde. Mit Hilfe dieser Zeugen liess sich zwar ein ein ziemlich richtiges Bild der vorhexaplarischen LXX zu Ijob herstellen, aber kein ganz genaues und sicheres. Denn nicht nur stimmen diese dreierlei Zeugen mit einander, und wo der eine in mehreren Handschriften erhalten ist, diese unter sich selbst nicht durchaus überein (was immer eine Art Misstrauen gegen diese Überlieferung einflösste), sondern es ist auch misslich, dass der LXX Text selbst in der Übersetzung sowohl des Hieronymus, als des Syrers alterirt ist, in jener durch von Hieronymus auf eigene Hand vorgenommene Änderungen[1], in dieser nach der Pešiṭa und jüngeren Recensionen. Dazu kommt, dass auch mit der Möglichkeit gerechnet werden musste, dass in Origenes' zu Grund gelegter Handschrift der LXX einzelne

[1] Wie er selbst gesteht, bei Martianay I c. 1187 f.: nec non et illa, quae habere videbamur, et ita corrupta erant, ut sensum legentibus tollerent, orantibus vobis magno labore correxi.

seiner aus dem hebr. Text gemachten Übersetzung des Ijob gibt den Betrag der vor seiner hexaplarischen Verbesserung in der Latina fehlenden Verse auf 700—800 an[1]. Bickell[2] zählte 373 Stichen, die Origenes unter dem Asteriskos eingefügt habe; Ciasca[3] fand nach der Sah. als die Zahl derselben 360 + 16; rechnet man aber dazu auch noch die nicht ganz kleine Zahl der vom Griechen um 1 oder 2 Stichen verkürzten Verse, welche Origenes nicht ergänzt hat, so wird man auf etwa 400 kommen. Die Zahlangabe des Hieronymus scheint übertrieben, man müsste denn annehmen, dass in der alten Latina die Sache noch schlimmer stand, als in der κοινή. Gegenüber von dem amtlichen Text der Hebräer lasen also die Griechen jedenfalls einen stark verkürzten Text des Buches. Den Grund dieser Verkürzung hat man bisher insgemein in der Freiheit gesucht, welche sich der Übersetzer genommen hat. Diese Annahme war auch in Anbetracht der sonstigen Beschaffenheit seiner Übersetzung die nächstliegende. In der That gehört dieses Buch zu den am schlechtesten übersetzten des AT. Möglicherweise litt schon seine hebr. Vorlage an allerlei Mängeln, und war nicht deutlich und correct genug geschrieben, denn der Buchstabenverwechslungen ist eine grosse Menge[4]; für einen unpunktirten Text von solcher Schwierigkeit, wie sie viele der Reden in diesem Buche bieten, reichte seine Sprachkenntniss nicht aus, und eine feste mündliche Überlieferung über die Lesung und Auslegung scheint sich zu seiner Zeit noch nicht gebildet zu haben. Für das formale Wesen der hebr. Poesie hat er offenbar kein rechtes Verständniss gehabt, sonst wäre es ihm nicht möglich gewesen, den Rhythmus der Versglieder so gründlich zu zerstören, wie er oft genug thut. Man hat zwar davon gesprochen, dass er die Dichtung dichterisch übersetzen wollte und deshalb sich freier bewegte, aber mit Ausnahme einiger auch bei griechischen Dichtern vorkommender Ausdrücke, die er gebrauchte[5], ist von dichterischem Anhauch seiner Arbeit wenig

[1] Caeterum apud Latinos ante eam translationem, quam sub asteriscis et obelis nuper edidimus, septingenti ferme aut octingenti versus desunt, ut decurtatus et laceratus corrosusque libellus foeditatem sui publice legentibus praebeat.

[2] A. a. O., S. 30.

[3] S. XXXIII.

[4] S. Bickell S. 8ff. Wenn jedoch B. meint, seine Vorlage sei noch in der althebräischen Schrift geschrieben gewesen, so scheint mir das nicht bewiesen zu sein, denn es ist ja denkbar, dass schon der, der aus einem Exemplar mit alter Schrift in die neue umschrieb, die aus der alten Schrift erklärbare Buchstabenverwechslung sich zu Schulden kommen liess. Im übrigen ist auch ב und כ (22, 23 . 28, 23 . 42, 8), ו und נ (7, 3 הוחלתי), ד und ה (35, 14), ב und מ (30, 23), ע und מ (26, 13 שטח für שפרה), ו und י (z. B. 33, 4 תחיני, u. ö.) verwechselt.

[5] C. Egli im Rheinischen Museum für Philologie Bd. XII (1857) S. 444—8, der aber auch einiges hierherzog, was vielmehr dem Theodotion angehört.

zu verspüren. Viel eher kann man seine Übersetzung paraphrastisch nennen; überaus häufig drückt er mehr den Sinn als den Wortlaut aus, und in den ungezählt vielen Fällen, wo er über den Wortlaut nicht im Klaren war, begnügt er sich, das wiederzugeben, was er als den Sinn vermuthete, ohne sich um einzelne Wörter (selbst Negationen), die im Wege standen, und die grammatischen Formen viel zu kümmern. Ausserdem tritt bei ihm allenthalben das Bestreben zu Tage, dem Geschmack und den Bedürfnissen des jüngeren, griechisch-jüdischen Leserkreises, für den er arbeitete, Rechnung zu tragen, also alles dem verfeinerten religiösen Gefühl Anstössige wegzuräumen, anthropomorphische Aussagen über Gott möglichst durch schicklichere Ausdrücke zu ersetzen, die mancherlei kühnen Reden über und gegen Gott und seine Weltregierung zu mildern oder zu beseitigen, oder auch den Dulder Ijob von zu schwerer Verschuldung im Reden zu entlasten[1]. In dieser Richtung erscheint er oft mehr als Bearbeiter, denn als Übersetzer.

Ob nun aber aus dieser Stellung des Übersetzers zu seiner Vorlage alle die Lücken, welche seine Arbeit gegenüber von dem recipirten hebr. Texte enthält, sich erklären lassen, kann man immerhin fragen. E. Hatch (der Wissenschaft zu früh entrissen), in seinen Essays in Biblical Greek Oxf. 1889 p. 215 ff., hat die Frage ausdrücklich gestellt und als seine Meinung ausgesprochen, dass vielleicht einzelne der Auslassungen durch die sprachlichen Schwierigkeiten oder durch dogmatische Rücksichten veranlasst sein mögen, für alle aber und besonders einige grössere derselben diese Erklärung nicht ausreiche, weil darunter auch solche seien, deren hebräischer Text weder besonders schwierig, noch dogmatisch bedenklich sei. Wenn man also nicht auf die reine Willkühr des Übersetzers sich zurückziehen wolle, werde nichts übrig bleiben, als die Annahme, dass der ursprüngliche LXX Text in der Hauptsache den ursprünglichen hebr. Text wiedergebe, und dass vielmehr erst in der Zeit nach Herstellung dieser griech. Übersetzung der hebr. Text mit solchen in der LXX fehlenden Stücken erweitert worden sei. Die Durchführbarkeit dieser Hypothese sucht er dann beispielshalber an den Abschnitten Cp. 17, 3—5. 21, 28—33. 24, 14^c—18^a. 26, 5—11. 28, 13—22. 31, 1—4 und besonders in den Elihu-Reden 32, 11—17. 33, 27—33. 34, 3—7. 23—33. 35, 7^b—10^a. 15 f. 36, 5—21. 36, 22—37, 13 nachzuweisen. Wenn diese Hypothese sich bestätigt, so würde sie geeignet sein, unsere bisherigen Vorstellungen von der Behandlung ihrer alten Bücher bei den Juden

---

[1] Wie das alles schon von Bickell S. 12 ff., 41 ff. im ganzen zutreffend nachgewiesen ist.

der letzten vorchristlichen Jahrhunderte sehr wesentlich zu modificiren. Durch einen Mann wie E. Hatch angeregt, kann die Sache nicht mehr unbeachtet gelassen werden. Indem ich sie einer Nachprüfung unterziehe, bemerke ich, dass derselbe seine Beweisführung nur auf den kritischen Textbefund aufbaut, der sich ihm aus dem Verhör der bis 1889 bekannten hexaplarischen Zeugen ergab, die Sahidica ihm aber noch nicht in Ciasca's Ausgabe vorlag, sondern er über sie nur die vorläufigen Angaben des Bischofs Agapios Bsciai[1] benutzen konnte, welche, wie sich jetzt zeigt, weder vollständig noch durchaus zutreffend waren. Ich werde im Folgenden auch den Weg der Einzelprüfung einschlagen, und erst zuletzt noch einige allgemeinere Gesichtspunkte, die in Betracht kommen, hervorheben. Ich werde mich aber nicht auf die von Hatch behandelten Abschnitte beschränken, sondern auch die übrigen in LXX fehlenden Theile und Theilchen mithereinziehen, weil nur aus der Gesammtübersicht ein abschliessendes Urtheil sich ergeben kann. Geht man die Auslassungen in der LXX im einzelnen durch, so ergibt sich zunächst,

a) dass deren im Prolog und im ersten Redekreis des Buchs, Cp. 1—14 sehr wenige sind, und kaum mehr, als sie wohl auch in andern Schriften vorkommen.[2]

2. 1[c] *παραστῆναι ἐναντίον τοῦ Κυρίου* könnte im Hebr. eine Glosse sein; wahrscheinlicher aber ist es vom Griechen ausgelassen als unnöthig nach 1[a], oder als anstössig (damit Satan nicht den andern Engeln ganz gleichgestellt werde, Bick. 43).

7, 8 *σὺ περιβλέψεταί με ὀφθαλμὸς ὁρῶντός με· οἱ ὀφθαλμοί σου ἐν ἐμοὶ καὶ οὐκ ἔτι εἰμί.* Obwohl der V. im Zusammenhang nicht nothwendig, strophisch sogar überschüssig ist, stimmt doch seine hebr. Diction mit der des Dichters gut überein: er kann ebensogut vom Übersetzer als unnöthig weggelassen, oder bei den Griechen durch Zufall weggefallen sein, da schon V. 7[b] *ὀφθαλμός* vorangeht.

9, 24[bc] *πρόσωπα κριτῶν αὐτῆς συγκαλύπτει· εἰ δὲ μὴ αὐτός ἐστι, τίς ἐστιν;* durch diese Auslassung ist V[a]. isolirt und kein Vers mehr. Wie der Übersetzer schon V. 22 das nicht verstandene אחת היא weggelassen, und die Aussagen 22[b]. 23. 24[a], die ihm die schuldige Ehrfurcht vor Gott zu verletzen schienen, umgebildet hat, so hat er aus dem gleichen Grund 24[bc] ganz aufgegeben.

10. 4[b] *ἢ καθὼς ὁρᾷ ἄνθρωπος βλέψῃ*: fehlt bloss anscheinend, in Wahrheit hat er auch V[a]. הַעֵינֵי בָשָׂר לָךְ umschreibend wiedergeben zu

[1] In dem Moniteur de Rome vom 26. Oct. 1883; s. darüber bei de Lagarde Mittheilungen. Gött. 1884 S. 200 ff.

[2] Die Citate sind nach der Tischendorf'schen Ausgabe gemacht.

16, 3^b ἢ τί παρενοχλήσει σοι ὅτι ἀποκρίνῃ; Wahrscheinlich hat er יַמְרִיצְךָ nicht verstanden, wie wir heute noch es nicht sicher verstehen; sein eingliedriger V. ist unzulässig.

16, 7^b fehlt in Wirklichkeit nicht, sondern scheint durch μωρὸν σεσηπότα ausgedrückt sein zu sollen.

16, 8 (schwierig genug) ist als unverständlich fortgelassen.

16, 21^b ebenso; V. 21 wird dadurch eingliedrig.

In dem berühmten, aber sehr schwierigen Abschnitt Cap. 16, 18—17, 9, wo Ij., nach der Schilderung seiner trostlosen Lage, an welcher ihm aber das so schrecklich ist, dass er trotz seiner Unschuld darein versetzt ist, plötzlich umspringt, um Gott als den Zeugen seiner Unschuld anzurufen und ihn anzuflehen, dass er sich zu ihm bekennen wolle, weil unter den Menschen keiner mehr sei, der für ihn einstehe, hat der Grieche schon V. 1 sehr fehlerhaft übersetzt (רוּחִ חֻבָּלָה יָמַי zusammengenommen, und נִזְעָכוּ zu קְבָרִים bezogen als entschwunden gefasst), für V. 2—4 (deren erster wohl auch im jetzigen hebr. Text verderbt ist) ein Paar Worte frei eingesetzt, auch 5^a gegeben, als lautete er: חֳלִי גֻּבְּבוּ זָרִים, und erst von 5^b an die Übersetzung wieder aufgenommen. Bei ihm lauten V. 1—5: Ὀλέκομαι πνεύματι φερόμενος, δέομαι δὲ ταφῆς καὶ οὐ τυγχάνω. λίσσομαι κάμνων καὶ τί ποιήσας; ἔκλεψαν δέ μου τὰ ὑπάρχοντα ἀλλότριοι· ὀφθαλμοὶ δὲ ἐφ᾽ υἱοῖς ἐτάκησαν. Dass die 2 letzten Kommata in diesem Zusammenhang sinnlos sind, ist leicht zu sehen. Gleichwohl meint Hatch, dass der griech. Text ursprünglich und der hebräische secundär sei. Freilich will er die letzten Kommata ἔκλεψαν — ἐτάκησαν beseitigen, während sie doch in allen Auctoritäten, auch Sah., als LXX Text bezeugt sind, und τί ποιήσας; (Hieron.: et quid feci?) als τί ποίησας; *what hast thou done?* lesen, so dass sich V. 6 ἔθου δέ με θρύλλημα als Antwort anschlösse. Aber das ist dann nicht mehr LXX Text, sondern ein willkürlich zurechtgemachter, und die Aussagen desselben würden sich zwar so ohne Anstoss aneinanderreihen, aber für die von 16, 19 an beginnende Gedankendarlegung völlig bedeutungslos sein, da sie sich in farblosester Allgemeinheit halten. Von einem Vorzug des griech. Textes kann also hier keine Rede sein; die Übersetzung ist vielmehr ganz unbrauchbar, wie auch V. 7^b πεπολιόρκημαι (aus יצורי) μεγάλως ὑπὸ πάντων wieder zeigt.

17, 12, an dem nichts Verdächtiges ist, ist weggelassen, weil seine Bedeutung im Zusammenhang und $V.^b$ nach seinem Wortlaut nicht verstanden wurde.

17, 16^b s. oben S. 1349.

18, 9^b κατισχύσει ἐπ᾽ αὐτὸν διψῶντας und 10 kann sehr wohl, weil צמים

nicht verstanden wurde (vergl. 5, 5) und derselbe Gedanke schon V. 8. 9^a genugsam variirt schien, weggelassen sein (bemerke den Plur. ἔλθοισαν παγίδες), obgleich zuzugeben ist, dass V. 10 für das Strophenmaass überschüssig ist.

18, 15. 16. 17^b sind von Orig. ergänzt. Thatsächlich hat der Übers. die von Bildad absichtlich langgedehnte Schilderung der Strafe der Gottlosen nach seiner Manier abgekürzt, also nur 15^b (jetzt im griech. Text in 19^c verschlagen) 17^a. 18^a übersetzt und 16 weggelassen, dadurch aber sowohl den Versbau als die strophische Gliederung zerstört.

19, 3 ist statt זה עשר פעמים ein nach V. 6^a gebildetes Sätzchen in den griech. Handschriften gelesen und von Origenes nicht geändert.

19, 24^a ἐν γραφείῳ σιδηρῷ καὶ μολίβῳ ist nur fallen gelassen, weil es zu ἐν βιβλίῳ V. 23 nicht zu passen schien, aber לעד εἰς τὸν αἰῶνα steht noch V. 23 a. E.

19, 28^b taugte zu dem vom Griechen dem V^a. unterlegten Sinn nicht.

20, 3. 4^a s. oben S. 1348.

20, 9 kann als nach V. 8 überflüssig und wegen שזפתו übergangen sein.

20, 11—13. 14^b und damit die niedliche Schilderung, wie man einen Leckerbissen isst, ist übergangen, aber indem der Grieche den letzten Sinn derselben mit der Phrase καὶ οὐ μὴ δυνηθῇ βοηθῆσαι ἑαυτῷ, d. h. »es hilft ihm alles nichts« (vgl. 4, 20), die jetzt als griech. 14^a steht, ausdrückt, zeigt er, dass er den Passus vor sich gehabt hat. Die Schilderung mag ihm unschicklich gedäucht haben.

20, 20^b. 21^a ist von Orig. ergänzt; dass aber οὐκ ἔστιν αὐτοῦ σωτηρία τοῖς ὑπάρχουσιν (20^a), διὰ τοῦτο οὐκ ἀνθήσει αὐτοῦ τὰ ἀγαθά (21^b) des Übers. nicht ursprünglicher Text ist, sondern auf ungehöriger Kürzung beruht, zeigt διὰ τοῦτο.

20, 23^a εἴ πως εἶ πληρῶσαι γαστέρα αὐτοῦ. Man hat schon gezweifelt (Merx), ob יְהִי לְמַלֵּא בִטְנוֹ nicht eine Glosse im hebr. Text sei, aber בלחומו V^c. entscheidet für die Echtheit, und der Grieche hat nur, wie so oft, gekürzt und umschrieben.

20, 25^c ist ἐπ' αὐτῷ φόβοι = עָלָיו אֵמִים fortgefallen, weil Übers. ברק ממררתו falsch verstand.

21, 15. Diese gotteslästerliche Rede wollte er seinen Lesern lieber vorenthalten.

21, 19^b ἀνταποδώσει πρὸς αὐτὸν καὶ γνώσεται. Da er V. 19 f. als Einwurf nicht verstand und $V.^a$ ins Gegentheil verkehrte, war für ihn $V.^b$ zwischen 19^a und 20 nicht mehr von Belang.

21, 21. Die Weglassung war die nothwendige Folge davon, dass er V. 19 f. als Einwurf nicht erkannt hatte.

21, 28—33. Nachdem die Rede Ijob's vom Glück der Frevler V. 7 ff.

beim Griechen schon durch die V. 17 ff., deren Sinn er umgeändert hat, widerlegt, auch die Aussage von V. 22 (wie 22, 2) umgedeutet, V. 23 als zu anstössig weggelassen (obwohl sein ὁ δὲ in V. 25 ein οὗτος in V. 23 voraussetzt), der Sinn von V. 24 hinwiederum in sein Gegentheil umgewandelt, dadurch auch dem V. 27, den er gleichwohl (sogar mit ὥστε eingeleitet) beibehält, seine Berechtigung im Zusammenhang entzogen ist, kann er die neue Schilderung der Verkehrtheit der Welt V. 28—33 nicht mehr brauchen, lässt sie also fallen, und hält nur den Schlussvers 34, obwohl er jetzt keinen Sinn mehr hat, fest. Die Art seiner Behandlung der Vorlage ist hier recht durchsichtig. Zwar meint nun Hatch, V. 34 schliesse sich gut an V. 27 an, und V. 28—33 sei eine erst später im hebr. Text eingefügte Erweiterung von V. 27 oder von 34^a. Aber wenn Ijob in seiner Rede bis V. 26 nach dem Griechen nur das Gleiche ausgeführt hat, was die Freunde immer behauptet hatten, nämlich Gottes gerechte Bestrafung der Frevler, welchen Sinn soll denn dann das τόλμῃ ἐπίκεισθέ μοι V. 27 oder das παρακαλεῖτέ με κενά haben? Gerade diese Sätze zeigen, dass vielmehr der Grieche den ursprünglichen Text tendenziös umgearbeitet, und nur die VV. 27 und 34 als unschädliche Reste beibehalten hat.

22, 3 soll nach Origenes ἡ ὠφέλεια ὅτι ἁπλώσῃς τὴν ὁδόν σου; fehlen; in Wahrheit ist, wie τοῖς ἔργοις ἄμεμπτος zeigt, Gl. a und b vom Griechen nur zusammengezogen.

22, 13—16. Die gotteslästerliche Rede, welche Elifaz dem Ijob in den Mund legt, fand der griech. Bearbeiter nicht gut seinen Lesern darzubieten. Indem er also V. 13 f. strich, wurde V. 15 f. mit fortgerissen, V. 17 f. aber, als an den falsch verstandenen V. 12^b sich anschliessend beibehalten. Dass jedoch V. 13—16 nicht ursprünglich gefehlt hat, sieht man aus 18^b, was auch der Grieche hat.

22, 20. Diese Worte der Schadenfreude hat der Übersetzer seinen Lesern lieber vorenthalten; es genügte ihm ἄμεμπτος δὲ ἐμυκτήρισεν. Übrigens ist der V. strophisch unentbehrlich.

22, 24 wird als blosse Specialisirung des V. 23 Gesagten fortgelassen sein, zugleich weil der Übersetzer die Construction und die Worte (בֶּצֶר hat auch Theod. verkannt) nicht verstand.

22, 29. 30. Hier ist der gleiche Fall (auch bezüglich Theodotion's), und zum Abschluss schienen diese Worte nicht durchaus nothwendig.

23, 9. Da er V. 8 verkehrt verstand, konnte er mit V. 9 nichts machen.

23, 14 hebr. ist weggelassen, wahrscheinlich wegen וְכָהֵנָּה רַבּוֹת עִמּוֹ; griech. 14 ist hebr. 15, und griech. 15 eine andere (des Theod.) Übersetzung des hebr. 15.

24, 1 ist nach der Art des Üb. in éinen Stichos zusammengezogen; von Orig. nicht ergänzt.

24, 4 ebenso verkürzt, aber durch Orig. mit *ὁμοθυμαδὸν δὲ ἐκρύβησαν πραεῖς γῆς* ergänzt.

24, 5—8, wo 5^c *ἠδύνθη αὐτῷ ἄρτος εἰς νεωτέρους* und 8^a *ἀπὸ ψεκάδων ὀρέων ὑγραίνονται* aus Theod. stammen, ist mit (Ausnahme von 6^b und 8^b) so umgebogen, dass die Gottlosen zum Subj. der Aussagen wurden, darum wohl auch 5^c und 8^a ausgelassen, zugleich 5^{ab} verkehrt gedeutet.

24, 14^c—18^a (*καὶ νυκτὸς* — *ὕδατος*) und 25^b *καὶ θήσει εἰς οὐδὲν τὰ ῥήματά μου*. Nämlich von V. 9 an wiederholt sich die zu V. 5—8 gezeichnete Manipulation: weil V. 9 die Tyrannen Subject sind, drängte der Üb. auch V. 10 und 11 dem Text dieses Subject auf, und setzte 11^b, wo das nicht mehr gieng, einen Satz aus V. 13 ein, milderte 12^c (gr. 13^a) das אֱלוֹהַּ לֹא יָשִׂים תִּפְלָה durch *διὰ τί* (vgl. die Änderungen in 21, 17. 22. 24, 1), bildete 13^{a-c} um, und fuhr mit einem aus 34, 25 genommenen[1] Gemeinplatz fort (der jetzt als griech. 14^a steht), liess 14—17 aus, und gab von 18—20 eine höchst willkührliche, auf blossem Errathen beruhende Übersetzung (in der nur einzelne Wörter des hebr. Textes wieder erkennbar sind wie 18^{bc}; יגזלו und חטאו V. 19; 20^c; dabei ist zwischen 19 und 20 unrichtig abgetheilt, und 18^a in 20^b versetzt), fasste V. 22 als Aussage über die Handlung des רָשָׁע und bildete ihn demgemäss um, ebenso V. 23. 24^{ab}, und liess endlich 25^b als unverständlich weg. Nun ist ja freilich der Zusammenhang dieses Cap. schwierig, öfters brüchig, und sowohl V. 13—17 als V. 18—24 neuerdings von Merx und Grill mit beachtungswerthen Gründen angefochten, und ist also fraglich, ob der hbr. Text richtig überliefert ist. Aber dass der Grieche einen besseren und älteren Text wenigstens für V. 13—20 gebe, wie Hatch meint, muss bestritten werden. Denn wenn nach diesem griech. Text Ijob V. 13^a fragt, warum Gott solche verkehrten Zustände unheimgesucht lasse, und nun nach griech. 13^{b-d}. 14^a. 18^b—20 Ijob die Antwort gäbe, dass weil die Sünder Gott nicht anerkannten und auf seinen Wegen wandelten, er, sobald er ihre Werke erkannte, sie der Finsterniss überlieferte, und Ijob selbst nun weiter sie verwünschte: »möge ihr Antheil vom Fluch getroffen, ihre Pflanzungen dürre und sie selbst wie ein Baum zerbrochen werden!« wie würde denn dies in dem Zusammenhang dieser Rede, wo Ij. das Räthsel des Nichteinschreitens Gottes gegen die Frevler seinen Gegnern vorhalten will (V. 1) passen? er würde ja

---

[1] Frankel Vorstudien zu der Septuaginta 1841 S. 85f.; Bickell S. 21.

damit sich ganz auf den Standpunkt der Gegner oder des Elihu stellen, und alles zugeben, was sie gegen ihn anführten. Und abgesehen davon was wäre das für ein wunderliches Durcheinander von Flüchen (18^{b}—19^{a}) und Grundangaben für den Fluch (19^{b}) und Erzählung des Schicksals der Gottlosen (20^{ab}) und wieder von Flüchen (20^{bc})? und was für eine wunderliche Strafe wäre 18^{c}—19^{a} (ἀναφανείη δέ τὰ φυτὰ αὐτῶν ἐπὶ γῆς ξηρά)? Auch lässt sich nachweisen, das die einzelnen Sätze auf falscher Übersetzung des hebr. Textes beruhen (z. B. V. 13 ist ἐπὶ γῆς ὄντων αὐτῶν frei etwa nach der Lesung הָיִי בְּמִדְּרֵי אִיר; 14^{a} ist aus 34, 25 entlehnt; in 18^{c}—20 ist noch כרמים, ציה, יגזלו, חטאו deutlich erkennbar, und 20^{c} עלה sinnlos mit ἀνιάτῳ gegeben u. s. w.). Diese Um- und Missdeutung der VV. 13—20 entspricht aber ganz der Art, wie er auch sonst in diesem Cap. und anderswo verfährt. Auf einen annehmbaren hbr. Text als Vorlage wird man dadurch nirgends geführt. Möglicherweise ist schon der hbr. Text da und dort corrigirt, um Anstössiges wegzuschaffen; in diesem Streben gieng aber der griech. Üb. noch viel weiter.

26, 5—11 und 14^{ab} (ἰδοὺ—αὐτῷ) fehlten. Auch hier muthmaasst Hatch, dass diese Verse im Hebr. erst nachträglich eingefügt seien. Man sieht in V. 5—13 gewöhnlich, und mit Recht, eine die kurzen Andeutungen des Bildad (25, 2 f.) von Gottes Herrschergrösse und Allmacht überbietende Ausführung desselben Thema's. Die Pointe der Ausführung liegt da eben in der Fülle der dem Ij. fortwährend zuströmenden Eindrücke von Gottes Grösse. Nimmt man nun von dieser 9 Verse umfassenden Ausführung ganze 7 Verse weg, so wird derselben die Spitze abgebrochen. Die 2 übrig bleibenden Verse können das, was beabsichtigt war, nicht leisten und vollends 14^{c} erscheint völlig nichtssagend. Irgend ein hörbarer Grund, warum Ijob die VV. 12 und 13. 14^{c} seiner ironischen Abfertigung des Bildad in V. 2—4 hinzugefügt hätte, lässt sich nicht finden. Dazu kommt, dass wie V. 2—4 vom Griechen schlecht übersetzt sind, so auch 13^{a} (für בְּרוּחוֹ שָׁמַיִם שִׁפְרָה liest er בְּרִיחֵי שָׁמַיִם שִׂבְּרָה; was sollen aber κλεῖθρα οὐρανοῦ sein!), und 14^{c} missverstanden ist. Also dass grch. 26, 1—4. 12 f. 14^{c} ursprünglicher seien, als hbr. Cp. 26. kann man in keiner Weise zugeben. Was freilich der Grund der Auslassung des ganzen Passus sei? kann man mit Sicherheit nicht sagen. Schlechte Beschaffenheit des hebr. Ms. oder Mangel an Verständniss oder das Streben nach Kürzung der sich so oft wiederholenden Ausführungen desselben Themas können hier mitgewirkt haben.

27. 19^{b} ὀφθαλμοὺς αὐτοῦ διήνοιξε καὶ οὐχ ἔστι ist als überflüssig weggelassen, wie auch V. 18 gekürzt ist.

27, 21—23 scheinen fortgelassen, weil was diese VV. sagen wollen, schon vorher hingänglich gesagt war: V. 21 ist fast synonym mit 20, und V. 22 f. enthalten sprachliche Schwierigkeiten.

28, 3^{bc}—4^{a} (*καὶ πᾶν πέρας — κονίας*) und 4^{c}—9^{a} (*ἐσαλεύθησαν — χεῖρα αὐτοῦ*). Dieser Defect erklärt sich vollkommen aus der grossen Schwierigkeit des Textes. Dass wirklich erst der Grieche hier gekürzt hat, ergibt sich aus dem isolirt stehenden 4^{b} (*οἱ δὲ ἐπιλανθανόμενοι — ἐκ βροτῶν*), das weder an 3^{a} noch an 9^{b} Anschluss hat.

28, 14—19. Hier hat die Lücke besseren Grund, wie sowohl Bickell[1] als Hatch annehmen. Denn da V. 12 nach dem Fundort der Weisheit fragt, V. 15—19 aber von dem alle Schätze der Welt übersteigenden Werth derselben handeln, und erst V. 20, durch Wiederaufnahme der Frage des V. 12, wieder in das erwartete Geleise einlenkt, so wird allerdings zu urtheilen sein, dass V. 15—19 im hbr. Text interpolirt sind, zumal der V. 13 statt des auf die Interpolation vorbereitenden עֶרְכָּהּ der Grieche noch *ὁδὸν αὐτῆς* (דַּרְכָּהּ) hat. Aber doch liegt die Sache nicht so, wie Hatch meinte, dass V. 14—19 im Hebr. erst nach Verfertigung der LXX eingefügt wären. Denn der Grieche hat doch V. 20, wodurch nach der Digression V. 12 wieder aufgenommen werden soll. Daraus folgt doch entschieden, dass der Grieche den Einsatz V. 15—19 schon in seiner Vorlage vorfand. Es hat ihn aber weggelassen, sei es weil er zu der Frage V. 12 (damals stand noch דרכה im Text) nicht zu passen schien, sei es weil er vor der ziemlich prosaischen Aufzählung von kostbaren Sachen, deren Namen ihm wohl auch zum Theil dunkel waren, zurückscheute, sei es weil er in seiner Vorlage noch irgend ein Zeichen der Nichtursprünglichkeit fand (z. B. dass der Einsatz nur auf dem Rande stand). Er irrte aber in der Abgrenzung des Zusatzes, denn während er den sicher echten V. 14 fallen liess, nahm er dagegen V. 20 auf, und liess dann folgerichtig auch die Copula וְ vor V. 21 weg.

28, 21^{b}. 22^{a} *καὶ ἀπὸ πετεινῶν — εἶπαν*. Hier mag ihm die Erwähnung der Vögel in diesem Zusammenhang unpassend, und die Personificirung von אבדון ומות anstössig gewesen sein. Dass aber diese Stichen im Hebr. nicht ursprünglich fehlten, zeigt für V. 21^{b} der Rhythmus und für 22^{a} die folgende Rede *Ἀκηκόαμεν κ. τ. λ.*, die jetzt uneingeleitet, somit abrupt steht.[2]

28, 26^{b}. 27^{a} *καὶ ὁδὸν — ἐξηγήσατο αὐτήν*, d. h. er hat V. 26 die Worte למטר חק ודרך לחזיז קלות nicht ausgedrückt, aber nur weil er בעשתו

---

[1] in der Zeitschrift für katholische Theologie X (1886) S. 562.

[2] über das Citat dieser Stelle bei Clemens Al. s. oben S. 1349 f.

zu V. 25 zog, und ihm mit der parallelen Aussage in V. 25 genug gesagt schien.

29, 10ᵇ. 11ᵃ καὶ γλῶσσα — ἐμακάρισέ με. Aber in Wahrheit fehlt vielmehr hebr. V. 10, und dieser vielleicht mit Recht, da er mit V. 9 dem Sinne nach identisch ist (s. Hitzig z. St.).

29, 13ᵃ εὐλογία — ἔλθοι. Vielmehr sind beide Stichen von ihm nur zusammengezogen, wie sein εὐλόγησε beweist.

29, 19. 20 fehlen vielleicht nur, weil der Üb. sie für überflüssig erachtete, oder weil er ihnen keinen guten Sinn abgewinnen konnte.

29, 24ᵇ. 25 καὶ φῶς — παρακαλῶν, vielleicht aus demselben Grund. Jedenfalls ist 24ᵃ kein voller Vers, und gibt auch keinen guten Schluss der Rede.

30, 1 ὧν ἐξουδένουν τοὺς πατέρας αὐτῶν. In Wahrheit war der ganze V. übersetzt, aber verkürzt, und ist jetzt zugleich erweitert (s. oben S. 1349).

30, 2—4ᵃ καί γε ἰσχὺς — ἠχοῦντι. Vielmehr aber ist LXX V. 4 von οἵτινες an die zusammengezogene Wiedergabe von V. 2—4, wie auch hebr. V. 5—7 im griech. 5. 6. 7ᵇ nur stark verkürzt (zum Theil missverstanden) übersetzt ist.

30, 7ᵃ ἀνὰ μέσον εὐήχων βοήσονται. S. zuvor.

30, 11ᵇ—13ᵃ καὶ χαλινὸν — τρίβοι μου. Auch von diesen schwierigen V. 11—13 sind nur einige Bruchstücke beibehalten.

30, 16ᵇ καὶ νῦν — ἡ ψυχή μου. Der Grieche hat nur einen unvollständigen Vers.

30, 18ᵇ ὥσπερ — περιέσχε με. Er hat 18ᵇ nicht verstanden.

30, 20ᵇ ἔστησαν δὲ καὶ κατενόησάν με. Ebenso.

30, 22ᵇ s. oben S. 1348.

30, 27 ἡ κοιλία — πτωχείας. In Wahrheit sind V. 26. 27 vom Üb. zusammengezogen, wie ἡμέραι κακῶν a. E. von V. 26 (aus 27ᵇ) beweist. Die Manier der Kürzung tritt im ganzen Cap. deutlich hervor.

31, 1—4 fehlen, obwohl sonst Cp. 31 nicht so oberflächlich, wie manche andere, vom Üb. behandelt ist. Hatch meint, die Verse seien nicht nothwendig und 31, 6 (soll heissen 5) habe bessern Anschluss an Cp. 30. Das kann nur zugegeben werden, wenn man V. 2—4 anders erklärt, als der Zusammenhang fordert. Der Grieche kann sie ausgelassen haben, weil er den Sinn von V. 2 f. hinter V. 1 nicht verstand, und weil die Reihe der Bedingungen (Verwünschungen) erst mit V. 5 beginnt. Den Eindruck, dass sie jungen Text geben, machen die Verse nicht.

31, 18: der Vers ist allerdings zur Noth entbehrlich, aber es ist ebensogut möglich, dass er als blosse Parenthese ausgelassen wurde, oder auch wegen seiner stark hyperbolischen Aussagen.

31, 23[b] ἀπὸ τοῦ λήμματος — ὑποίσω. Vielmehr aber ist 23[ab] vom Üb. zusammengezogen.

31, 24[a] εἰ ἔταξα — χοῦν μου. Hier gilt dasselbe, was zu V. 23 gesagt ist.

31, 27[a] καὶ εἰ ἠπατήθη — καρδία μου. Auch hier ist V. 26. 27 zusammengezogen, zum Theil auch missverstanden.

31, 35[a] τίς δῴη ἀκούοντά μου; V. 34. 35 theilweise verkehrt aufgefasst, frei und verkürzt wiedergegeben.

c) Am freiesten sind die Elihu-Reden behandelt.

32, 4[b]. 5 ὅτι πρεσβύτεροι — ὀργῇ αὐτοῦ. Sie sind weggelassen, weil V. 5 inhaltlich schon V. 3 da war. Da V. 4[a] auch beim Griechen steht, an den sich V. 6 nicht gut anschliesst, so können sie nicht ein jüngerer Zusatz im Hebr. sein.

32, 11[b.3] — 12 ἄχρις οὗ ἐτάσητε — ἐξ ὑμῶν.
32, 15. 16 ἐπτοήθησαν — ἀπεκρίθησαν 2°.
} Nach Hatch soll griech. V. 11[b] — 18[a] d. h. ἐνωτίζεσθέ μου — πάλιν λαλήσω, d. h. hebr. V. 11—17 (die V. 17 mit denselben Worten enden, wie V. 10) im hebr. Text secundär sein. Aber 1) wenn sie ursprünglich dort fehlten, so konnte es nicht leicht jemand einfallen, sie einzusetzen, da sie nichts wesentlich Neues hinzubringen; sodann 2) ist es nicht so, dass ἐνωτίζεσθέ μου τὰ ῥήματα, ἐρῶ γὰρ ὑμῶν ἀκουόντων, ferner ἵνα μὴ εἴπητε· Εὕρομεν σοφίαν Κυρίῳ προσθέμενοι. ἀνθρώπῳ δὲ ἐπετρέψατε λαλῆσαι τοιαῦτα ῥήματα in LXX fehlen, wie Hatch nach 1 Hieron. annimmt, sondern diese Worte sind, nach den besten hexapl. Zeugen und wie man jetzt sieht nach Sah., Text der LXX, und stehen auch unter sich im Zusammenhang. Daraus aber ist klar, dass der Grieche Hebr. V. 11—17 in seiner Vorlage hatte, denn jene Worte sind aus hebr. V. 11—17 ausgezogen und sollen den ungefähren Sinn derselben ausdrücken. Blos ausgezogen aber, nicht voll wiedergegeben sind jene Verse von ihm, weil darin manches schon vor V. 11 Gesagtes sich wiederholt. Zuletzt hat er hebr. V. 17, worin hebr. V. 10 theilweise wiederkehrt, durch die Wendung ὑπολαβὼν δὲ Ἐλιοὺς λέγει Πάλιν λαλήσω ersetzt.

33, 8[a] πλὴν εἶπας ἐν ὠσί μου. Also kein regelrechter Vers mehr.

33, 19[b] καὶ πλῆθος ὀστῶν αὐτοῦ ἐνάρκησε. Als unverstanden weggelassen.

33, 20[b] καὶ ἡ ψυχὴ αὐτοῦ βρῶσιν ἐπιθυμήσει. Vielmehr sind die beiden Stichen, wie βρωτὸν σίτου zeigt, frei zusammengezogen.

33, 28. 29. 31[b] (κώφευσον — λαλήσω) und 32. 33 sind von Orig. zugesetzt. Die Sache ist hier die: von 33, 27ff. steht hebr. 27 in griech. 27, hebr. 28 in griech. 30, dann ist hebr. 29. 30 ob homoeotel. (weil 30 wieder mit 'באור ה schliesst, wie 28 mit 'באור ה) weggelassen,

und von hebr. 31—33 nur ἐνωτίζου Ἰὼβ καὶ ἄκουέ μου behalten, die ganze übrige wortreiche Rede als überflüssig weggelassen. Die hexaplarische Ergänzung, griech. 28. 29, ist (im vatikanischen Text) an falscher Stelle eingetragen, da Origenes mit Unrecht griech. 30 für die Übersetzung von Hebr. 30 angesehen und darum eine Übersetzung von hebr. 28. 29 vor 30 eingeschoben hat. Im Cod. Alex. der LXX ist die Verwirrung noch grösser. Gleichwohl will HATCH als ursprünglichen Text der LXX griech. 26 (= hebr. 26), 29 (= hebr. 29), die Worte des Alex. τοῦ ἐπιστρέψαι ψυχὴν αὐτοῦ ἐκ διαφθορᾶς, τοῦ φωτίσαι αὐτῷ ἐν φωτὶ ζώντων (= hebr. 30), endlich noch einmal ἀλλ' ἐῤῥύσατο τὴν ψυχήν μου ἐκ θανάτου, ἵνα ἡ ζωή μου ἐν φωτὶ αἰνῇ αὐτόν (= griech. 30 = hebr. 28) festlegen, obgleich nun die 1. Person (nachdem der V. von hebr. 27 abgerissen ist) sinnlos ist. Alles Übrige soll im hebr. Text secundär sein. Aber dass er damit nicht den wirklichen LXX Text getroffen, sondern einen Text frei zusammengesetzt hat, wird jetzt glänzend auch durch Sah. bestätigt, welche hebr. 27. 28 (griech. 27. 30), und zwar hintereinander, hat, ebenso 31ᵃ (griech. 31ᵃ), dagegen von 29. 30 nichts gibt. Also auch hier scheitert die Hypothese am Thatbestand.

Auch in Cp. 34 verhält sich der Üb. abkürzend, was bei der weitschweifigen Redeweise des Elihu nicht Wunder nimmt. Also

34, 3. 4 fehlt scheinbar ganz und ist von Origenes ergänzt. Aber τὸ καλὸν hinter ἐνωτίζεσθε V. 2 (s. darüber oben S. 1350) zeigt noch das letzte Wort von hebr. V. 4, und beweist, dass V. 3f. in der Vorlage nicht gefehlt haben, obwohl sonst V. 3 (aus 12, 11 wiederholt) und 4 leicht entbehrlich wären, wie denn auch HATCH sie als secundär im Hebr. ansehen wollte.

34, 6ᵇ βίαιον τὸ βέλος μου ἄνευ ἀδικίας. Aber 6ᵇ ist vielmehr in LXX 8ᵃ (οὐχ ἁμαρτὼν οὐδὲ ἀσεβήσας) erhalten.

34, 7 scheint ausgelassen, weil er eine zu grobe Anklage gegen Ijob enthält[1]; man vergleiche, wie V. 9 כִּי אָמַר zu einer Abmahnung μὴ γὰρ εἴπῃς umgebildet ist. Hätte, wie HATCH meint, V. 7 schon im Hebr. gefehlt, und läge dem Üb. V. 7 nicht doch im Sinn, so begriffe man nicht, wie er hinter ἐψεύσατο (sc. θεός) τῷ κρίματί μου gleichwohl mit Part. Nom. auf Ijob bezüglich, οὐχ ἁμαρτὼν κ. τ. λ. fortfahren konnte.

34, 11ᵇ καὶ ἐν — αὐτόν. Vielmehr Gl. a und b zusammengezogen, wie ἕκαστος V.ᵃ (= איש) beweist.

34, 18 ἀσεβής und ἀσεβέστατε τοῖς ἄρχουσιν. V. 18ᵇ tautologisch mit 18ᵃ schien ihm entbehrlich.

---

[1] s. BICKELL, S. 45, der bemerkt, dass darum auch 35, 16. 36, 17. 20 f. ausgemerzt sind.

34, 23ª ὅτι οὐκ ἐπ' ἄνδρα θήσει ἔτι. Vielmehr der ganze V. frei wiedergegeben.

34, 25ᵇ καὶ στρέψει — ταπεινωθήσονται. Der Stichos steht jetzt 24, 14.

34, 28—33 fehlen. Weil in einigen hexaplarischen Zeugen auch V. 22ᵇ. 23. 25—27 als eingeschoben bezeichnet sind, setzt sich Hatch über V. 24 (den keiner als solchen nennt) weg, und sagt V. 23 (oder 22)—33 sei im hebr. Text secundär und für die Argumentation des Elihu entbehrlich. Aber ausser V. 24 steht auch doch ganz 22. 23 (abgekürzt). 25ª. 26. 27 im Syr. und Sah., also im ursprünglichen LXX Text, und schon darum ist seine These, dass V. 23—33 im Hebräischen ein späterer Einschub seien, unannehmbar. Sodann ist zu bemerken: Elihu beweist seinen Satz, dass Gott nicht ungerecht handle, a) V. 12—15 aus Gottes selbstsuchtloser Schöpferliebe, b) V. 16—30 aus der Idee der Weltregierung, die ohne die Absicht, die Gerechtigkeit zu handhaben, überhaupt zwecklos wäre und die doch durch so viele Thatsachen als wirklich bezeugt werde. Da kann man nun freilich sagen, dass von V. 16—24 diese Ausführung schon vollendet, und die nochmalige ausführlichere Schilderung der Art, wie Gott richterlich in die Welt eingreift, entbehrlich sei. Aber der Thatbestand ist, dass eben auch von dieser zweiten Ausführung einige Stücke beim Griechen sich finden (25ª. 26. 27). Und freilich könnten V. 31—33, die zu Ijob umlenkend das Endurtheil über seine unziemlichen Reden sprechen, zur Noth auch entbehrt werden; um so weniger aber wäre zu verstehen, wie und warum ein Späterer im Hebr. diese Verse 31—33 eingesetzt hätte. Bedenkt man nun aber weiter, wie der Griech[e] da, wo er nicht auslässt, sondern übersetzt, die eigentlichen Pointe[n] (V. 17. 23. 25) umgeht und etwas anderes in den Text hineinlies[t] als darin steht, so wird man vielmehr urtheilen müssen, dass auch hier, wie sonst, sich begnügt, aus dem oft recht dunk[len] hebr. Text einen ungefähren Sinn herauszubringen (hier von V. an den Sinn, dass Gott nicht Unrecht thue, weil er unpartei[isch] sei und alles sehe und wisse), alles dazu nicht Passende über[geht] oder umbiegt, namentlich auch V. 28—30, weil sie nichts, nicht gesagt wäre, hinzubringen, auslässt, auch V. 31—33 entw[eder] weil nicht verstanden oder als dem Ijob zu nahe tretend (wie fallen lässt, wie er aus demselben Grund auch V. 36 f., [...] sicher vor sich gehabt hat, umgestaltet, indem er 36ª den Wunsch des Elihu nach weiterer Prüfung Ijobs ganz unter[...] den V. 36 vielmehr zu einer Warnung an Ijob und in V. Rede über ihn zu einer Rede in der 1. pers. Plur. umände[rt].

35, 3 (im Vat. Text fehlend, aber im Sah. erhalten, s. oben S. 135

ist die unziemliche, dem Ijob in den Mund gelegte Rede umgedeutet und verkürzt (wie 34, 9. 22, 2, und wie auch 35, 6 durch Auslassung von בו und לו das Anstössige von Elihu's Worten weggeschafft wird).

35, 7^b—10^a. 12^a. 15. 16. Diese (exc. 12^a) sollen nach Hatch mit Recht fehlen, und soll also ἐπεὶ δὲ οὖν δίκαιος εἶ, τί δώσεις αὐτῷ (7^a); ὁ κατατάσσων φυλακὰς νυκτερινὰς (10^b), ὁ διορίζων με ἀπὸ τετραπόδων γῆς, ἀπὸ δὲ πετεινῶν οὐρανοῦ (11)· ἐκεῖ κεκράξονται καὶ οὐ μὴ εἰσακούσῃ (12^a), καὶ ἀπὸ ὕβρεως πονηρῶν (12^b)· ἄτοπα γὰρ οὐ βούλεται ἰδεῖν ὁ Κύριος. αὐτὸς γὰρ ὁ παντοκράτωρ ὁρατής ἐστι (13) τῶν συντελούντων τὰ ἄνομα, καὶ σώσει με. κρίθητι δὲ ἐναντίον αὐτοῦ, εἰ δύνασαι αὐτὸν αἰνέσαι ὡς ἔστι (14) zusammengehören, und für die Argumentation des Elihu ausreichend sein. Während nämlich nach dem massoretischen Text Elihu dem Ijob darlegen will, dass allerdings die Frömmigkeit den Menschen zum Nutzen, wie ihr Gegentheil zum Schaden ausschlage (V. 1—8), dass aber die Fälle, wo jemand vergeblich Rettung vor Gewaltthat erflehe, aus der Mangelhaftigkeit seiner Gottesfurcht sich erkläre, zumal wenn man in so rechthaberischer Weise zu Gott schreie, wie Ijob thue (V. 9—16) so ist dagegen der ganze Fragepunkt beim Griechen verwischt, indem er die Verse 3 u. 6, worin derselbe gestellt ist, als für Gottesfürchtige anstössig, änderte. Da er zugleich 7^b u. 8, vom zweiten Abschnitt 9 u. 10^a wegliess, kommt bei ihm alles darauf hinaus, die Allgenugsamkeit Gottes dem Ijob zu Gemüth zu führen. Aber selbst zu diesem Zweck sind jene Worte wenig tauglich; V. 10^b (wo זְמִרוֹת mit שְׁמֻרוֹת verwechselt ist) ist als Beweis der Grösse Gottes an sich sinnlos; V. 11 gibt auch keinen passenden Beweis; 12^a den Hatch beibehält ist nicht LXX sondern Theodotion-Text; 12^b hat keinen Anschluss an 11; V. 13 ist die Anschliessung durch γάρ an 11. 12^b ganz unlogisch; ebenso zeigt die Einführung einer 1. pers. καὶ σώσει με V. 14, dass hier jeder Zusammenhang fehlt, wie denn auch 14^b ein תהלל לו (für תחלל לו) εἰ δύνασαι αἰνέσαι sich als blosses Missverständniss ausweist. — Dass der allerdings dunkle V. 15 mit V. 16 fehlt, erklärt sich schon aus seiner Schwierigkeit, er scheint auch darum weggelassen zu sein, weil er Ijob zu nahe tritt. Damit fehlt aber auch der Rede ein guter Abschluss. Im hebr. Text sind Gedanken und eine Entwickelung derselben, der griechische kommt über nichtssagende (von Elihu schon öfters vorgetragene) Gemeinplätze nicht hinaus.

In Cap. 36 f., seiner Schlussrede, entwickelt nach dem hebr. Text Elihu, ohne Rücksicht auf einen bestimmten Ausspruch des Ijob, seine Gesammtansicht von der in den Leidenssendungen thätigen, ebenso gnädigen wie gerechten Machtentfaltung Gottes (36, 5—7), indem er 1. zuerst a) auseinandersetzt, dass Gott sich keinem Frommen

entziehe, durch die Leiden vielmehr sein Bestes suche und nur dem Trotzigen sie zum Verderben ausschlagen lasse (V. 8—15), und b) den Ijob ermahnt, sein Leiden in diesem Sinn an sich wirken zu lassen (V. 16—25, einer allerdings besonders schwierigen Stelle), 2. sodann a) eine lobpreisende Betrachtung der Grösse Gottes in den Wundern der Natur anstellt (36, 26—37, 13), um b) wiederum mahnend dem Ijob an's Herz zu legen, dass er sich mit diesem unbegreiflichen Gott nicht messen könne, sondern in Ehrfurcht und Demuth sich ihm unterwerfen müsse (V. 14—24). Von dieser Rede ist in LXX der Eingang 36, 1—4 belassen (obwohl durch *ἔργοις μου* für לְפֹעֲלִי V. 3 und durch eine ganz vage Wiedergabe des V. 4 verschlechtert), von dem das Thema und die erste Ausführung und Ermahnung enthaltenden Theil aber folgender Text hergestellt: *Γίνωσκε δὲ ὅτι ὁ Κύριος οὐ μὴ ἀποποιήσηται τὸν ἄκακον* (5ᵃ), *ἀλλὰ τοῦ δικαίου εἰσακούσεται* (gr. 10ᵃ aus hebr. 10—11), *ἀσεβεῖς δὲ οὐ διασώζει παρὰ τὸ μὴ βούλεσθαι αὐτοὺς εἰδέναι τὸν Κύριον, καὶ διότι νουθετούμενοι ἀνήκοοι ἦσαν* (griech. 12 aus hebr. 12—13). *ἀποθάνοι τοίνυν ἐν νεότητι ἡ ψυχὴ αὐτῶν, ἡ δὲ ζωὴ αὐτῶν τιτρωσκομένη ὑπὸ ἀγγέλων* (קְדֵשִׁים, 14), *ἀνθ᾽ ὧν ἔθλιψαν ἀσθενῆ καὶ ἀδύνατον* (15ᵃ frei aus hebr. 15). *κρίμα δὲ πρᾳέων ἐκθήσει* (15ᵇ aus hebr. 6ᵇ). *οὐχ ὑστερήσει δὲ ἀπὸ δικαίων κρίμα* (17 aus hebr. 7ᵃ), *θυμὸς δὲ* (חמה) *ἐπ᾽ ἀσεβεῖς ἔσται δι᾽ ἀσέβειαν δώρων* (כֹּפֶר) *ὧν ἐδέχοντο ἐπ᾽ ἀδικίαις* (18 aus hebr. 18). *Μή σε ἐκκλινάτω* (פן יסיתך) *ἑκὼν ὁ νοῦς δεήσεως ἐν ἀνάγκῃ ὄντων ἀδυνάτων* (19 aus hebr. 16). *ἀλλὰ φύλαξαι μὴ πράξῃς ἄτοπα* (21ᵃ aus hebr. 21). *Τίς γάρ ἐστι κατ᾽ αὐτὸν δυνάστης* (22ᵇ aus hebr. 22); *τίς δέ ἐστιν ὁ ἐτάζων αὐτοῦ τὰ ἔργα; ἢ τίς ὁ εἰπὼν Ἔπραξεν ἄδικα;* (23 aus hebr. 23). *Μνήσθητι ὅτι μεγάλα ἐστὶν αὐτοῦ τὰ ἔργ*[a] (24ᵃ aus hebr. 24ᵃ). *ὅσοι τιτρωσκόμενοί εἰσι βροτοί* (25ᵇ aus hebr. 24ᵇ — Dies ist ein freies Excerpt aus dem hebr. Text, mit stark[e] Umbildungen und eigenen Zusätzen, wodurch alles Schwierige [b]seitigt und besonders die Stelle V. 16—21 aus Schonung für Ij[ob] theils fortgelassen, theils abgeschwächt und ihrem Sinn nach geändert ist. Mit Ausnahme des Schlusssatzes, der auf Verles[ung] des שׁרירי (שְׁרִדוּ?) beruht, ist auch ein leidlicher Zusammenh[ang]. Aber alle concreten Aussagen sind in Allgemeinheiten verwasc[hen] und namentlich Elihu's Theorie über die Leidenszucht aus di[esem] Text nicht mehr zu erkennen. Dass er aber den hebr. Tex[t vor] sich gehabt hat, beweisen zur Genüge gewisse von ihm fals[ch ge]lesene oder verstandene Ausdrücke. Aus diesem Text könn[te der] jetzige hebr. Text nur durch einen Wunderkünstler her[gestellt] sein; als freier Auszug aus dem hebräischen in der Manie[r des] Übersetzers versteht sich der griech. Text leicht.

Anderer Meinung ist jedoch Hatch. Er will in dem griech. Text bis V. 18ᵃ (ἔσται) eine wohlzusammenhängende Ausführung über den Contrast in der Behandlung der Rechtschaffenen und Gottlosen durch Gott erkennen, ohne freilich weiter auf die Frage einzugehen, was nach der Ausführung über denselben Gegenstand in Cap. 34 LXX diese neue Ausführung für einen Fortschritt bringen soll. Sodann will er in den aus Theodotion (sub asterisco) eingefügten Sätzen des vaticanischen Textes, nämlich 36, 5ᵇ. 6—9. 10ᵇ. 11. 13, ebenfalls eine in sich zusammenhängende, aber ursprünglich selbständige Ausführung über Gottes Verfahren mit den Rechtschaffenen und Gottlosen (V. 6 f.) und über den Contrast der Zucht Gottes an jenen und diesen sehen, obwohl er zugesteht, dass zwischen 9 und 10ᵇ der Zusammenhang brüchig sei. Mit den übrigen nach Theod. eingefügten Versen aber, nämlich 16. 19 (aber 19 ist LXX Text, nicht Theod.) 20. 21ᵇ weiss er nichts anzufangen, gibt vielmehr zu, dass 16. 20 für sich ganz unverständlich seien. Hierdurch ist aber m. E. seine Hypothese von einem selbständigen zweiten Text gerichtet, und vielmehr die Unmöglichkeit, das über den LXX Text Überschüssige (aus Theod. Eingefügte) in einen Zusammenhang zu bringen, erwiesen. Dass V. 5ᵇ. 6—9. 10ᵇ. 11. 13, für sich gelesen, einen möglichen Sinn geben, ist eben ein Zufall, der sich übrigens daraus leicht erklärt, dass jene angebliche selbständige Ausführung nichts ist, als die, wenn auch nicht immer treffende Übersetzung Theodotions von den in sich wohl zusammenhängenden hebr. Versen 5ᵇ—13 (mit wenigen Lücken). Nach alle dem kann der jetzige hebr. Text nicht jünger als LXX und nicht als Zusammenschmelzung eines zweiten späteren Textes mit einem älteren aufgefasst werden.

Ganz dieselbe Übersetzungsweise findet sich in LXX auch für den Betrachtungsabschnitt des 2. Theils der Elihu-Rede 37, 26 bis 37, 12 (hebr. 13), welcher freilich für das Verständniss noch grössere Schwierigkeiten darbietet. Von dieser ganzen Betrachtung des Elihu hat der Grieche nur: 27 ἀριθμηταὶ δὲ αὐτῷ σταγόνες ὑετοῦ (aus hebr. 27). 28. ἐσκίασε δὲ νέφη ἐπὶ ἀμυθήτῳ βροτῷ. ὥραν ἔθετο κτήνεσιν, οἴδασι δὲ κοίτης τάξιν. ἐπὶ τούτοις πᾶσιν οὐκ ἐξίσταταί σου ἡ διάνοια, οὐδὲ διαλλάσσεταί σου ἡ καρδία ἀπὸ σώματος (worin Reste von hebr. 28 f. 33ᵇ מקנה. 37, 8. 1 sichtbar sind). 37, 4 ἐποίησε γὰρ μεγάλα ἃ οὐκ ᾔδειμεν (hebr. 5ᵇ). 5ᵃ συντάσσων χιόνι Γίνου ἐπὶ γῆς, καὶ χειμὼν ὑετός (hebr. 6), 6ᵇ ἵνα γνῷ πᾶς ἄνθρωπος τὴν ἑαυτοῦ ἀσθένειαν (hebr. 7ᵇ). 7 εἰσῆλθε δὲ θηρία ὑπὸ τὴν σκέπην, ἡσύχασαν δὲ ἐπὶ κοίτης (hebr. 8). 8 ἐκ ταμιείων ἐπέρχονται ὀδύναι, ἀπὸ δὲ ἀκρωτηρίων ψῦχος (hebr. 9). 9ᵇ σκακίζει δὲ τὸ ὕδωρ ὡς ἐὰν βούληται (hebr. 12ᵃ). 11ᵈ ταῦτα συντέτακται παρ' αὐτοῦ ἐπὶ τῆς γῆς (hebr. 12ᵇ. 13).

Was diese Sätze besagen sollen, wird nicht leicht jemand verstehen, der den hebr. Text nicht zur Hand hat; ebenso wenig wird man leugnen können, dass sie in sich nicht zusammenhängen, sondern sich wie zusammengewürfelte Trümmer ausnehmen. Deshalb sieht sich Hatch hier zu der Annahme genöthigt, dass schon dieser LXX Text 2 ursprünglich selbständige und erst nachher zusammengefügte Gedichtchen in sich enthalte: 1. Das erste habe bestanden aus 36, 22—24^a (s. den vorigen Abschnitt S. 1366) und 28 von ὥραν — σώματος, und habe eine Aufzählung der Werke Gottes gegeben. Dabei werden aber von ihm 36, 25^b. 27. 28 ἐσκίασε — βροτῷ, die in LXX stehen, ignorirt. 2. Das zweite (nach ed. Tischend.) habe 37, 4^b. 5^a. 6^b(?). 7. 8 umfasst (er hätte aber auch 9^b und 11^d hinzufügen müssen, denn diese sind LXX, nicht, wie er meint, Theodotion-Text), und eine andere Aufzählung der Werke Gottes gegeben. Durch diese Zertheilung des Textes in 2 Gedichte soll der Mangel an Ordnung in jenen Sätzen erträglicher gemacht werden, aber auch so kann er nicht wegbringen, dass in jedem von beiden von den Thieren die Rede ist.

Da nun aber die von Origenes aus Theodotion in die LXX eingearbeiteten Ergänzungen auch keinen fortlaufenden Zusammenhang erbringen können, so wiederholt Hatch hier dieselbe Hypothese, dass auch diese aus 2 ursprünglich selbständigen Gedichtchen bestehen. Das eine sei 36, 26—28^ab. 29—34, eine Beschreibung der Grösse Gottes durch Aufzählung seiner Werke, und des Eindrucks, den dieselben auf Elihu machen. Aber 24^b—25^a (ὧν ἦρξαν — ἑαυτῷ) die dazu gehören, werden übergangen, und 27^a (ἀριθμηταὶ — ὑετοῦ) und 28^b (ἐσκίασε — βροτῷ), die LXX Text sind, werden dazugezogen! Das andere sei (nach ed. Tisch.) 37, 1—4^a. 5^c—6^a (καὶ χειμὼν — κατασφραγίζει). 8^b. 9—12, mehr fragmentarisch als das vorige, und die 2 letzten Verse seien unverständlich. Aber auch hier ist 8^b (ἀπὸ δὲ ἀκρωτηρίων ψῦχος). 9^b (οἰακίζει — βούληται). 11^d (ταῦτα — γῆς) vielmehr LXX Text! Die Scheidung zwischen LXX und Einschub ist beidemal unrichtig, also auch die Zugehörigkeit sämmtlicher von ihm dem einen und anderen Gedicht zugewiesenen Bestandtheile zu denselben zu beanstanden. Dass im übrigen jedes derselben eine Art Zusammenhang seiner Theile hat, kommt auch hier nur daher, dass jene Verscomplexe schon im hebr. Text zusammenhängen und nur einzelne Bruchtheile daraus entfernt sind.

Aus diesen viererlei Gedichten wäre also schliesslich der hebr. Text zusammengesetzt. Die Künstlichkeit dieser Hypothese liegt auf der Hand. Da sie nur die Consequenz der Grundthese (dass

der LXX Text primär, der hebr. secundär sei) ist, so ist damit die These selbst als unhaltbar erwiesen.

In der Paränese des 2. Theils der Elihurede 37, 13—23 (hebr. 14—24), die ebenfalls von Missverständnissen und Umbildungen wimmelt, ist ganz ausgelassen nur 17 (hebr. 18), weil nicht verstanden, und 20^b (hebr. 21^b: τηλαυγὲς — παλαιώμασιν), der Vers selbst ohne Sinn.

d) Mit den Gottesreden Cp. 38 beginnt wieder bessere Arbeit des Übersetzers. Der hbr. Text ist klarer und verständlicher als in den Elihu-Reden; auch der Respect vor der Gottesrede als solcher mag es erklären, dass der Übersetzer sich mehr an den Text hielt, obgleich auch hier schlechte Schrift oder unrichtige Lesung des Originals[1] (z. B. 38. 20. 39, 27 איה für כי? 41, 3. 26 שרץ für שחץ), unrichtige Aussprache des Consonantentexts (38, 17. 21. 41, 24), Unkenntniss der Wortbedeutung (38, 36. 40, 30. 41, 7. 22) zu allerlei Missgriffen Anlass gaben, und schwere Missverständnisse mit unterlaufen (38. 14. 30^a. 33^b. 36. 38. 41, 1. 2^a. 22. 24^b), auch seine Manier zu kürzen (39, 1—4. 6. 23), oder nur den ungefähren Sinn wiederzugeben (39, 10. 20. 22. 40, 2. 4. 8. 13. 22. 31. 41, 16^b. 17. 18. 20. 42, 3. 9. 10), oder aus dogmatischen Gründen zu ändern (38, 7 ברן יחד. 40, 8. 11. 42, 3. 7) oder zu glossiren (39, 26. 40, 19. 20. 32) sich geltend macht. Es fehlen

38, 26. 27, die weder strophisch entbehrlich, noch schwer verständlich sind. Der Grund des Ausfalls ist nicht klar, er kann auf einem Zufall beruhen.

38, 32, weil er מזרות und על בניה nicht verstand.

39, 1—4 hat er stark verkürzt und zusammengezogen. Von Origenes ist 1^a εἰ ἔγνως — πέτρας. 3^b ὠδῖνας — ἐξαποστελεῖς, 4 nachgeholt. Dass aber der Grieche V. 1—4 vor sich hatte, zeigt z. B. sein ἔξω φόβου V. 3, womit er den Sinn von 4^b wiedergeben will.

39. 6^b καὶ τὰ — ἁλμυρίδα) weggelassen als synonym mit V^a.

39, 8. ist aber strophisch unentbehrlich; scheint vom Üb. als unnöthig erachtet, oder war der V. in seiner Vorlage ihm unverständlich.

39, 13—18 der Passus über den Vogel Strauss. Man könnte vermuthen, dass der Üb. רְנָנִים nicht verstand, und darum das ganze Thierbild, dessen Einzelheiten allerlei Schwierigkeiten bieten, ausliess. Indessen hat schon Bickell[2] darauf aufmerksam gemacht, dass dasselbe, obwohl fast auf der Höhe der übrigen Thierschilderungen, mit seinen 12 Stichen in der Reihe der achtzeiligen Strophen sich fremd ausnimmt, dass Ijob darin nicht angeredet

[1] alle diese Citate nach dem hbr. Text.
[2] in der Zeitschrift für katholische Theologie (1886) Bd. X S. 562.

ist, auch der Zweck, denselben der Beschränktheit seiner Macht und Erkenntniss zu überführen, nicht deutlich hervortritt, und dass von Gott in der 3. Pers. die Rede ist (V. 17). Die Möglichkeit, dass dieses Stückchen ein späterer Zusatz zum ursprünglichen Buch ist, muss zugegeben werden, aber dann nicht etwa jünger als die LXX (da man damals schwerlich mehr so aus der lebendigen Sprache schöpfen konnte; es sind darin mehrere Hapaxlegomena: רננים, נֶעֱלָס, חִמֵּם, המריא). Zuerst von einem Leser auf dem Rand beigeschrieben, drang es noch nicht sofort in alle Manuscripte ein, und so mag es auch noch in der Vorlage des Griechen gefehlt haben.

39, 28 und 29^{b} (*πόῤῥωθεν — σκοπεύουσι*). Auch hier hat der Üb. wohl nur gekürzt und zusammengezogen: V. 29^{a} ist für sich kein Vers, und dass 28 nicht ursprünglich fehlte, scheint sich aus *ἐκεῖσε ὢν* (מִשָּׁם) V. 29 zu ergeben.

40, 1 hbr., später durch den Einsatz griech. 39, 31. 32 ersetzt, fehlte in LXX, nach Bickell a. a. O. mit Recht. Aber vielmehr nach der langen Rede Gottes erwartet man nothwendig eine Aufforderung für Ijob, dass er jetzt antworten soll, und dass der Üb. den V. 2 gelesen hat, ist sicher, nur ist er von ihm vor V. 4 (griech. 39, 34^{a}) gezogen, zugleich der harte Tadel gegen Ijob gemildert.

40, 23^{b} = gr. 40, 18^{b} *πέποιθεν — αὐτοῦ* mag wegen des ירדן dem Üb. unpassend geschienen haben, und jedenfalls ist 18^{a} kein Vers.

40, 24 = gr. 40, 19, ist auch im Hebr. unklar, und ein schlechter Schluss der Beschreibung; die Auslassung dürfte also guten Grund haben.

40, 26^{a} = gr. 40, 21^{a} *ἢ δήσεις κρίκον ἐν τῷ μυκτῆρι αὐτοῦ*; ist als synonym mit den Aussagen 25. 26^{b} (20. 21^{b}) für überflüssig erachtet.

41, 4 = gr. 3 ein verdächtiger Vers, fehlt wohl mit Recht.

41, 8^{a} = gr. 7^{a} *εἷς τοῦ ἑνὸς κολλῶνται* wurde durch den Ausdruck *σύνδεσμος αὐτοῦ* im griech. 6 überflüssig, sogar unmöglich gemacht.

41, 9 = gr. 8; hier gilt dasselbe, und sogar im hbr. Text ist dieser Vers vielleicht eine Glosse.

41, 15^{b} = gr. 14^{b} *καταχέει ἐπ᾽ αὐτόν, οὐ σαλευθήσεται*, ist wohl als unverstanden ausgelassen; noch Theodotion verstand es nicht.

41, 18^{b} = gr. 17^{b} *δόρυ καὶ θώρακα*. Dem Üb. genügte *λόγχαι* statt aller 4 Waffen.

41, 21^{a} = gr. 20^{a} *ὡς καλάμη ἐλογίσθησαν σφυρά* ist wohl wegen gleichen Anfangs mit 20^{b} (19^{b}), nämlich כְּקַשׁ und לְקַשׁ, übergangen.

41, 23^{b} griech. *ἐλογίσατο ἄβυσσον εἰς περίπατον*, ist von Origenes eingesetzt, weil er 23^{a} für ungenügende Übersetzung von hbr. 24 hielt. In Wahrheit ist griech. 23^{a} Übersetzung von hbr. 24^{b}, und ist hbr. 24^{a} ausgelassen, weil der Grieche 24^{b} missverstand.

42, 8 ὅτι εἰ μὴ πρόσωπον αὐτοῦ λήψομαι ist von Origenes mit Unrecht eingefügt, denn der Üb. hatte es schon durch εἰ μὴ γὰρ δι' αὐτόν ausgedrückt.

42, 16[b]. 17 καὶ εἶδεν — ἡμερῶν, der Schluss des Buchs, ist durch den apokryphischen Zusatz am Ende verdrängt.

Aus dieser Übersicht über die sämmtlichen Defecte der LXX ergibt sich, dass immerhin einzelne darunter sind, welche kritisch von Belang sein mögen und über deren Ursprünglichkeit sich streiten lässt, dass diese aber in der Regel nur aus einzelnen Stichen oder Versen bestehen, wie 2, 1[c]. 7, 8. 12, 8[b]. 9. 23. 18, 9[b]. 10. 20, 23[a]. 27, 22. 23. 29, 16. 41, 9 (8), namentlich 40, 24 (19). 41, 4 (3). An grösseren Abschnitten können füglich nur 28, 14—19. 31, 1—4. 39, 13—18 hieher gezählt werden, aber selbst bei diesen ist es höchst zweifelhaft, ob sie noch zur Zeit des griechischen Übersetzers im hebr. Text gefehlt haben, und nicht vielmehr ihre Auslassung in LXX auf anderen Gründen beruht. Hatch hat ausser 28, 14—19. 31, 1—4 die Stücke 17, 3—5. 21, 28—33. 24, 14[c]—18[a]. 26, 5—11 für sich geltend gemacht, aber hier hat sich uns ergeben, dass der von ihm zu Grund gelegte griechische Text theils mit dem wirklichen LXX Text, wie man nach Sah. und den andern Zeugen ihn feststellen muss, sich nicht deckt, theils seinem Inhalt nach zu ungenügend und dem Zusammenhang und Fortschritt des Redestreits zu wenig entsprechend ist, als dass er für ursprünglicher angesehen werden könnte, denn der hebräische. Vollends in den Elihu-Stücken, für die sich nach seinem Dafürhalten seine Hypothese am meisten empfehlen sollte, hat sie sich uns zumal in der näheren Ausgestaltung, die er ihr gibt, als gänzlich undurchführbar gezeigt. Vielmehr tritt gerade in den Elihu-Reden, diesem jüngeren Bestandtheil des Buches, mit seiner weitläufigen und doch oft so wenig klaren Diction und seinem nicht sehr correcten Text, die freie Übersetzungsweise des Griechen, wie er sie durch das ganze Buch hindurch bethätigt, am stärksten zu Tag, und erweist sich viel mehr als neue Bearbeitung, denn als Übersetzung, in der es ihm darauf ankam, den Helden des Buchs gegen die ihm zugeschriebenen übeln Reden in Schutz zu nehmen, allerlei Anstössigkeiten wegzuräumen, dem Ganzen eine kürzere Fassung zu geben, und den allgemeinen Inhalt, wie er ihn zu verstehen glaubte oder ihn für seine Leser haben wollte, ungefähr wiederzugeben. Auch hat er bei diesem Verfahren gerade die Hauptsätze, die Elihu durchführen wollte, als solche nicht scharf erkannt und darum auch in seiner Bearbeitung nicht zum Ausdruck gebracht. Dass erst auf Grund dieses angeblich älteren Textes, der in der LXX erhalten wäre, von einem späteren Bearbeiter der jetzige hebräische, in das Problem

des Buches viel tiefer eindringende Text gebildet wäre, also der bessere aus dem schlechteren erst herausgewachsen wäre, ist an sich nicht gut denkbar, und auch darum nicht anzunehmen, weil die Verschlechterung der hebr. Vorlage sich auch im ganzen übrigen Buch als die Regel zeigt, und weil in den griechischen Elihureden die Trümmer des besseren hebräischen Textes noch reichlich nachweisbar sind. Es soll damit nicht in Abrede gestellt werden, dass auch in den Elihureden, wie im übrigen Buch, an Einzelheiten des Textes von den jüdischen Schriftgelehrten, selbst nach der Zeit des griechischen Übersetzers, noch gemodelt worden sein kann (zumal wo der überlieferte Wortlaut verdorben oder eine scharfe Ecke abzustumpfen war), und auch diese oder jene Lesart des Hebräers aus der LXX vielleicht noch verbessert werden kann, obgleich dieser Fall gerade im Buch Ijob viel seltener eintritt, als in manchen anderen Büchern des AT. Aber dass nach der Zeit der LXX-Übersetzung das Buch noch mit so vielen und umfangreichen Zusätzen erweitert worden wäre, wie Hatch annimmt, muss gerade auf Grund der Prüfung des vorhexaplarischen LXX-Textes in Abrede gestellt werden.

In der That fehlen ja auch sichere sonstige Analogien für so umfangreiche Erweiterungen eines älteren in sich geschlossenen Buchs durch die jüdischen Schriftgelehrten der beiden letzten vorchristlichen Jahrhunderte. Wohl hat man schon 1 Sam. 17, 12—31. 55—18, 5. 9—11. 12^b (17—19. 21^b. 26^b. 29^b 30) in der Weise beurtheilt, dass diese Stellen erst nach der Zeit der LXX-Übersetzung in den hebr. Text eingefügt wären, aber selbst hier, wo die Entscheidung schwieriger ist, ringt sich doch neuerdings wieder die m. E. zutreffendere Ansicht durch[1], dass vielmehr die LXX durch Auslassungen die inneren Widersprüche der Erzählung beseitigt, also »harmonistische Kritik« geübt haben. Mit Recht wurde betont[2], dass Art und Sprache der betreffenden (in LXX fehlenden) Abschnitte des hebr. Textes gegen ein so spätes Zeitalter zeugen, wie sie umgekehrt mit der des übrigen Buchs völlig übereinstimmen. Dasselbe gilt auch von den betreffenden Abschnitten des B. Ijob in ihrem Verhältniss zum übrigen Buch.

Ausserdem ist allgemein zugestanden, dass die biblischen Bücher dritter Stufe, zumal die älteren derselben, bei den palästinischen Juden immer in viel höherem Ansehen standen, als bei den griechischen, und allmählig als heilige und specifisch höhere allen jüngeren Büchern

---

[1] Wellhausen in Bleek's Einleitung in das AT.[4] (1878) S. 216; theilweise wenigstens Kuenen hist. krit. Onderzoek naar het ontstan van de boeken des Ouden Verbonds[2] (1887) I S. 391 f.; besonders Budde die Bücher Richter und Samuel (1890) S. 212 f. 217.

[2] Budde S. 213.

entgegengesetzt wurden, während bei den griechischen Juden noch bis gegen Ende des ersten Jahrhunderts n. Ch. die Grenze zwischen den Hagiographen und den anderen neueren Schriften niemals scharf gezogen war. Auch hiernach erscheint die freie Behandlung, welche das Buch Ijob durch einen griechischen Übersetzer erfuhr, viel weniger auffallend, als sie bei den palästinischen Juden erscheinen würde. Natürlich kann mit solchen allgemeinen Erwägungen zum voraus nichts entschieden werden. Es kommt in derartigen Fragen auf die Prüfung des einzelnen Falles an. Aber gerade diese scheint mir gegen Hatch's These zu entscheiden. Nur wenn das Buch erst kurz vor dem J. 70 n. Chr. in's Griechische übersetzt wäre, wie Grätz[1] erweisen wollte, dann müsste man jene These auch schon aus allgemeinen Gründen zum voraus verwerfen. Aber dieser Beweis leidet an zu vielen willkürlichen Annahmen, als dass er für gültig erachtet werden könnte.

---

[1] In der Monatsschrift für Geschichte und Wissenschaft des Judenthums XXVI (1877) S. 83 ff.



Algebraische Reduction der Schaaren quadratischer Formen.

Von L. Kronecker.

Die Methode, welche ich in meinem neulich der Akademie vorgelegten Aufsatze zur algebraischen Reduction der Schaaren bilinearer Formen benutzt habe, ist auch bei Schaaren quadratischer Formen anwendbar. Ich will dies hier im Anschluss an die in dem erwähnten Aufsatz gegebenen Entwickelungen zeigen, aber dabei auch einige Modificationen darlegen, welche für die später auseinanderzusetzende arithmetische Reduction der Schaaren quadratischer Formen erforderlich sind.

I.

Bedeuten u, v, sowie $x_1, x_2, \ldots x_n$ unbestimmte Variable und:

$$\phi(x_1, x_2, \ldots x_n), \quad \psi(x_1, x_2, \ldots x_n)$$

zwei homogene quadratische Formen, so stellt das Aggregat $u\phi - v\psi$ eine »Schaar« quadratischer Formen dar. Es soll nun angenommen werden, dass die Determinante der Schaar gleich Null ist, d. h. also, dass, wenn zur Abkürzung:

$$u\phi - v\psi = f,$$

$$\frac{\partial f}{\partial x_k} = f_k, \quad \frac{\partial \phi}{\partial x_k} = \phi_k, \quad \frac{\partial \psi}{\partial x_k} = \psi_k$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x_i \partial x_k} = f_{ik}, \quad \frac{\partial^2 \phi}{\partial x_i \partial x_k} = \phi_{ik}, \quad \frac{\partial^2 \psi}{\partial x_i \partial x_k} = \psi_{ik} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

gesetzt wird, die Gleichung:

$$(\mathfrak{A}) \qquad |f_{ik}| = |u\phi_{ik} - v\psi_{ik}| = 0 \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

besteht. Alsdann sind die n Ableitungen $f_1, f_2, \ldots f_n$ mindestens durch eine lineare homogene Relation mit einander verbunden, deren Coef-

ficienten ganze homogene Functionen von u und v sind, und es kann demnach aus den vorhandenen Relationen eine Gleichung:

$$(\mathfrak{B})\qquad \sum_{h,k} c_{hk} f_k u^h v^{m-h} = 0 \qquad \begin{pmatrix} h=0,1,\dots m \\ k=1,2,\dots n \end{pmatrix}$$

gebildet werden, für welche die Zahl m, d. h. die Dimension in Beziehung auf u und v, einen möglichst kleinen Werth hat. Ist $m = 0$, also:

$$(\mathfrak{C})\qquad \sum_k c_{0k} f_k = u \sum_k c_{0k} \phi_k - v \sum_k c_{0k} \psi_k = 0 \qquad (k=1,2,\dots n)$$

und folglich:

$$\sum_k c_{0k} \phi_k = 0, \quad \sum_k c_{0k} \psi_k = 0 \qquad (k=1,2,\dots n),$$

so kann einer der Coefficienten c_{0k}, z. B. c_{0n}, von Null verschieden vorausgesetzt werden, und die Schaar f geht mittelst der Substitution:

$$c_{0n} x_k = x'_k + c_{0k} x_n \qquad (k=1,2,\dots n-1)$$

in eine solche der $n-1$ Variabeln $x'_1, x'_2, \dots x'_{n-1}$ über. Ist die Determinante der so erhaltenen Schaar quadratischer Formen von $n-1$ Variabeln wiederum gleich Null, und besteht auch zwischen den nach den $n-1$ Variabeln gebildeten partiellen Ableitungen eine lineare homogene Relation, wie ($\mathfrak{C}$), mit Coefficienten, die von den Variabeln u und v unabhängig sind, so ist die Anzahl der Variabeln auf $n-2$ zu reduciren, und durch Fortsetzung dieses Verfahrens muss man schliesslich zu einer Schaar gelangen, bei welcher die Anzahl der Variabeln sich nicht mehr verringern lässt. Man kann demnach annehmen, dass schon die oben mit f bezeichnete Schaar $u\phi - v\psi$ eine »eigentliche« Schaar von n Variabeln sei, d. h. eine solche, welche nicht durch lineare Transformation der n Variabeln auf eine Schaar von weniger als n Variabeln reducirt werden kann.

Dies vorausgesetzt, muss die Zahl m in der Gleichung ($\mathfrak{B}$) wenigstens gleich Eins sein. Dass sie andererseits nicht grösser als die Rangzahl des Systems, also höchstens gleich $n-1$ sein kann, ist aus folgender Betrachtung zu ersehen.

Bezeichnet r den Rang des Systems der n^2 Grössen f_{ik}, und ist die Determinante $r$ter Ordnung:

$$(\mathfrak{D})\qquad |f_{ik}| \qquad \begin{pmatrix} i=i_1, i_2, \dots i_r \\ k=k_1, k_2, \dots k_r \end{pmatrix}$$

von Null verschieden, so ist die Determinante:

$$\left| f_{i_h}, f_{i_h,k_1}, f_{i_h,k_2}, \dots f_{i_h,k_r} \right| \qquad (h=1,2,\dots r+1)$$

gleich Null, weil alle aus dem System der n^2 Grössen f_{ik} zu bildenden Subdeterminanten $(r+1)$ter Ordnung gleich Null sind, und es besteht

demgemäss zwischen den $r+1$ Ableitungen f_{i_h} eine lineare homogene Relation:

$$\sum_h \Delta_h f_{i_h} = 0 \qquad (h = 1, 2, \ldots r+1),$$

in welcher die Coefficienten Δ_h Subdeterminanten $r$ter Ordnung des Systems (f_{ik}) oder $(u\phi_{ik} - v\psi_{ik})$ und also homogene Functionen $r$ter Ordnung von u und v sind. Da überdies mindestens eine dieser Subdeterminanten, nämlich Δ_{r+1} oder $(\mathfrak{D})$, der Voraussetzung nach von Null verschieden ist, so existirt jedenfalls eine Relation $(\mathfrak{B})$, in welcher m nicht grösser als die Rangzahl des Systems (f_{ik}), also höchstens gleich $n-1$ ist.

Das System der $(m+1)n$ Coefficienten:

$$c_{hk} \qquad \begin{pmatrix} h = 0, 1, \ldots m \\ k = 1, 2, \ldots n \end{pmatrix},$$

welche in der Gleichung $(\mathfrak{B})$ vorkommen, ist vom Range $m+1$, d. h. es können nicht alle aus den Elementen c_{hk} zu bildenden Determinanten $(m+1)$ter Ordnung gleich Null sein. Denn wenn $m+1$ Coefficienten $a_0, a_1, \ldots a_m$ existirten, für welche die Gleichung:

$$\sum_{h=0}^{h=m} a_h c_{hk} = 0 \qquad (k = 1, 2, \ldots n)$$

erfüllt wäre, so würde in der aus der Relation $(\mathfrak{B})$ hervorgehenden Gleichung:

$$\sum_{k=1}^{k=n} \sum_{h=0}^{h=m} \sum_{g=0}^{g=m} a_g c_{hk} f_k u^{m-g+h} v^{m+g-h} = 0$$

der Coefficient von $u^m v^m$ gleich Null sein. Es würde daher auch die Gleichung stattfinden:

$$\sum_{k=1}^{k=n} \sum_{h=0}^{h=m} \sum_{g=0}^{g=h-1} a_g c_{hk} f_k u^{m-g+h} v^{m+g-h} + \sum_{k=1}^{k=n} \sum_{h=0}^{h=m} \sum_{g=h+1}^{g=m} a_g c_{hk} f_k u^{m-g+h} v^{m+g-h} = 0,$$

welche, wenn:

$$\sum_{h=i}^{h=m} a_{h-i} c_{hk} = c'_{ik}, \quad \sum_{h=0}^{h=i} a_{m+h-i} c_{hk} = c''_{ik}$$

gesetzt wird, in folgender Weise dargestellt werden kann:

$$u^m \sum_{k=1}^{k=n} \sum_{i=1}^{i=m} c'_{ik} f_k u^i v^{m-i} + v^m \sum_{k=1}^{k=n} \sum_{i=0}^{i=m-1} c''_{ik} f_k u^i v^{m-i} = 0.$$

Ersetzt man in dem Ausdruck auf der linken Seite f_k durch $u\phi_k - v\psi_k$, so enthält der erste Theil nur Potenzen von u, deren Exponenten grösser als m sind, der zweite nur solche, deren Exponenten nicht

grösser als m sind. Beide Theile müssten also für sich gleich Null sein, während doch die Existenz einer Gleichung:

$$\sum_{i,k} c''_{ik} f_k u^i v^{m-i} = 0 \qquad \begin{pmatrix} i = 0, 1, \ldots m-1 \\ k = 1, 2, \ldots n \end{pmatrix}$$

jener Annahme widerspricht, dass die Zahl m in der Gleichung ($\mathfrak{B}$) einen möglichst kleinen Werth habe.

Da das System der $(m+1)n$ Coefficienten, wie jetzt bewiesen worden, vom Range $m+1$ ist, so kann man irgend welche Coefficienten

$$c_{pk} \qquad \begin{pmatrix} p = m+1, m+2, \ldots n-1 \\ k = 1, 2, \ldots n \end{pmatrix}$$

hinzunehmen, die so beschaffen sind, dass die Determinante:

$$| c_{i-1,k} | \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

von Null verschieden wird.

Bedeuten nun f', ϕ', ψ' die durch die Substitution:

$$x_k = \sum_i c_{i-1,k} x'_{i-1} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

aus f, ϕ, ψ hervorgehenden Functionen der Variabeln x', und setzt man:

$$f'_k = \frac{\partial f'}{\partial x'_k}, \quad \phi'_k = \frac{\partial \phi'}{\partial x'_k}, \quad \psi'_k = \frac{\partial \psi'}{\partial x'_k} \qquad (k = 0, 1, \ldots n-1),$$

so wird:

$$\sum_{k=1}^{k=n} c_{hk} f_k = f'_h \qquad (h = 0, 1, \ldots n-1),$$

und die Gleichung ($\mathfrak{B}$) geht daher in die folgende über:

$$(\mathfrak{C}) \qquad \sum_{h=0}^{h=m} f'_h u^h v^{m-h} = \sum_{h=0}^{h=m} (u\phi'_h - v\psi'_h) u^h v^{m-h} = 0,$$

welche auch so dargestellt werden kann:

$$v^{m+1}\psi'_0 + \sum_{h=1}^{h=m} (\phi'_{h-1} - \psi'_h) u^h v^{m-h+1} + u^{m+1}\phi'_m = 0.$$

Es bestehen hiernach die Relationen:

$$(\mathfrak{F}) \qquad \psi'_0 = 0, \quad \phi'_{h-1} = \psi'_h, \quad \phi'_m = 0 \qquad (h = 1, 2, \ldots m),$$

und die Functionen f' bestimmen sich demgemäss in folgender Weise:

$$(\mathfrak{F}') \quad f'_0 = u\psi'_1, \quad u\psi'_{h+1} - v\psi'_h = f'_h, \quad -v\psi'_m = f'_m \qquad (h = 1, 2, \ldots m-1).$$

Hieraus ersieht man zuvörderst, dass zwischen den m linearen Functionen der n Variabeln x':

$$\psi'_1, \psi'_2, \ldots \psi'_m$$

keine lineare homogene Relation bestehen kann; denn aus einer

solchen würde eine lineare homogene Gleichung zwischen den m Ausdrücken:

$$f'_0, f'_1, \ldots f'_{m-1}$$

folgen, deren Coefficienten ganze homogene Functionen $(m-1)$ter Dimension von u, v wären.

Es ist nun ferner zu zeigen, dass die m linearen Functionen ψ' von den $m+1$ Variabeln $x'_0, x'_1, \ldots x'_m$ unabhängig sind. In der That ergeben sich aus den Relationen ($\mathfrak{F}$) für die zweiten Ableitungen der Functionen ϕ' und ψ' die Gleichungen:

$$\frac{\partial^2 \psi'}{\partial x'_{h+1} \partial x'_k} = \frac{\partial^2 \phi'}{\partial x'_h \partial x'_k} = \frac{\partial^2 \psi'}{\partial x'_h \partial x'_{k+1}} \qquad (h, k = 0, 1, \ldots m-1).$$

$$\frac{\partial^2 \psi'}{\partial x'_{h+1} \partial x'_m} = \frac{\partial^2 \phi'}{\partial x'_h \partial x'_m} = 0 \qquad (h = 0, 1, \ldots m-1),$$

und da $\psi'_0 = 0$ ist, so erschliesst man hieraus, indem man der Reihe nach $h = 0, 1, \ldots m-1$ setzt, dass die zweiten Ableitungen:

$$\frac{\partial^2 \psi'}{\partial x'_h \partial x'_k} \qquad (h, k = 0, 1, \ldots m)$$

sämmtlich gleich Null sind.

Nunmehr erhellt, dass der Ausdruck:

$$u\phi' - v\psi' - \sum_{k=1}^{k=m} (ux'_{k-1} - vx'_k)\psi'_k$$

von den Variabeln $x'_0, x'_1, \ldots x'_m$ unabhängig ist; denn das Resultat der Differentiation nach einer dieser Variabeln, die mit x'_h bezeichnet werden möge, wird, da die Functionen ψ'_k von x'_h unabhängig sind:

$$u\phi'_h - v\psi'_h - (u\psi'_{h+1} - v\psi'_h),$$

also, vermöge der Relationen ($\mathfrak{F}$), gleich Null. Es ist daher:

$$u\phi' - v\psi' = \sum_{k=1}^{k=m} (ux'_{k-1} - vx'_k)\psi'_k + u\Phi' + v\Psi',$$

wo Φ', Ψ' quadratische Formen der $n-m-1$ Variabeln:

$$x'_{m+1}, x'_{m+2}, \ldots x'_{n-1}$$

bedeuten, und da die m linearen Functionen derselben:

$$\psi'_1, \psi'_2, \ldots \psi'_m$$

sich als von einander unabhängig erwiesen haben, so können sie als neue Variable an Stelle von m der $n-m-1$ Variabeln

$$x'_{m+1}, x'_{m+2}, \ldots x'_{n-1}$$

eingeführt werden. Man kann also das Ergebniss der vorstehenden Entwickelungen dahin formuliren:

Jede Schaar quadratischer Formen:

$$u\phi(x_1, x_2, \ldots x_n) + v\psi(x_1, x_2, \ldots x_n),$$

deren Determinante gleich Null ist, lässt sich auf die Gestalt bringen:

$$(\mathfrak{S}) \qquad \sum_h (u\mathfrak{z}_{h-1} + v\mathfrak{z}_h)\mathfrak{z}_{m+h} + \sum_{i,k} (u\mathfrak{a}_{ik} + v\mathfrak{b}_{ik})\mathfrak{z}_{m+i}\mathfrak{z}_{m+k},$$
$$(h = 1, 2, \ldots m) \qquad (i \leq k;\ i, k = 1, 2, 3, \ldots)$$

wo $\mathfrak{z}_1, \mathfrak{z}_2, \ldots$ von einander unabhängige, homogene, lineare Functionen der Variabeln x bedeuten, deren Coefficienten, ebenso wie die Coefficienten $\mathfrak{a}_{ik}$, $\mathfrak{b}_{ik}$, dem Rationalitätsbereich der Coefficienten der quadratischen Formen ϕ, ψ angehören, und jede Schaar von solcher Gestalt ($\mathfrak{S}$) hat die Eigenschaft, dass ihre Determinante gleich Null ist.

Dieses Ergebniss findet sich schon in meiner Mittheilung vom 18. Mai 1868,[1] und es ist dort auch in ähnlicher Weise hergeleitet worden. Aber um das Verständniss des vorliegenden Aufsatzes zu erleichtern, habe ich geglaubt, die erwähnte Deduction hier mit aufnehmen und in manchen Punkten mehr ausführen zu sollen.

II.

Ist irgend eine Schaar quadratischer Formen:

$$u\phi(x_1, x_2, \ldots x_n) + v\psi(x_1, x_2, \ldots x_n)$$

gegeben, deren Determinante gleich Null ist, so kann man dazu, wie jetzt gezeigt werden soll, stets eine Schaar oder mehrere Schaaren von der Art, wie der erste Theil von ($\mathfrak{S}$), nämlich:

$$(\mathfrak{S}_1) \qquad \sum_{h=1}^{h=m} (u\mathfrak{z}_{h-1} + v\mathfrak{z}_h)\mathfrak{z}_{m+h}$$

finden, nach deren Subtraction von $u\phi + v\psi$ entweder gar keine Schaar mehr übrig bleibt, oder doch keine solche, deren Determinante gleich Null wäre.

Hierbei kann offenbar, wie im art. I, angenommen werden, dass unter den zwischen den ersten Ableitungen von $u\phi + v\psi$ bestehenden homogenen, linearen Relationen mindestens eine sei, in welcher die Coefficienten in Beziehung auf u und v von der Dimension m sind, aber keine solche, in welcher die Dimension kleiner als m wäre, und in dieser Voraussetzung ist schon die enthalten, dass die Schaar $u\phi + v\psi$ eine eigentliche Schaar von n Variabeln, also nicht in eine

[1] Monatsbericht vom Mai 1868, S. 339—346.

Schaar von weniger Variabeln transformirbar sein soll. Ferner können die mit ϕ, ψ bezeichneten Grundformen der Schaar als so gewählt vorausgesetzt werden, dass für $u = 0$ nur diejenigen Subdeterminanten des Systems der Coefficienten von $u\phi + v\psi$ verschwinden, welche für alle Werthe von u gleich Null sind.

Um nun die Schaaren von der mit $(\mathfrak{G}_1)$ bezeichneten Art zu finden, hat man zuvörderst $u\phi + v\psi$ nach der im art. I angegebenen Methode auf die Gestalt $(\mathfrak{G})$ zu bringen und den zweiten Theil wiederum in zwei Theile zu sondern:

$$(\mathfrak{G}_2) \qquad \sum_{i=1}^{i=m} \sum_{k=i}^{k=n-m-1} (u\mathfrak{a}_{ik} + v\mathfrak{b}_{ik})\, \mathfrak{x}_{m+i}\, \mathfrak{y}_{m+k}\,,$$

$$(\mathfrak{G}_3) \qquad \sum_{i=m+1}^{i=n-m} \sum_{k=i}^{k=n-m-1} (u\mathfrak{a}_{ik} + v\mathfrak{b}_{ik})\, \mathfrak{x}_{m+i}\, \mathfrak{y}_{m+k}\,,$$

von denen der letztere eine Schaar quadratischer Formen von nur $n - 2m - 1$ Variabeln $\mathfrak{y}_{2m+1}, \mathfrak{y}_{2m+2}, \ldots \mathfrak{y}_{n-1}$ repraesentirt.

Alsdann hat man die Substitution:

$$\mathfrak{x}'_{i-1} = \mathfrak{x}_{i-1} + \sum_k \mathfrak{a}_{ik}\, \mathfrak{y}_{m+k} \qquad \begin{pmatrix} i = 1, 2, \ldots m \\ k = i, i+1, \ldots n-m-1 \end{pmatrix},$$

$$\mathfrak{x}'_m = \mathfrak{x}_m + \sum_i (\mathfrak{b}_{im} - \mathfrak{a}_{i+1,m})\, \mathfrak{x}_{m+i} + \sum_k \mathfrak{b}_{mk}\, \mathfrak{y}_{m+k} \qquad \begin{pmatrix} i = 1, 2, \ldots m-1 \\ k = m, m+1, \ldots n-m-1 \end{pmatrix}$$

anzuwenden, durch welche die Schaar $(\mathfrak{G}_1)$ in eine Schaar von derselben Gestalt:

$$(\mathfrak{G}'_1) \qquad \sum_{h=1}^{h=m} (u\mathfrak{x}'_{h-1} + v\mathfrak{x}'_h)\, \mathfrak{y}_{m+h}$$

transformirt und zugleich aus der Schaar $(\mathfrak{G}_2)$ sowohl der ganze mit u multiplicirte Theil weggeschafft wird, als auch derjenige, welcher mit $v\mathfrak{x}_{2m}$ multiplicirt ist. Diese Schaar $(\mathfrak{G}_2)$ ist demnach durch die angegebene Substitution auf das Aggregat der beiden quadratischen Formen:

$$(\mathfrak{G}_{2.1}) \qquad v\sum_{i=1}^{i=m-1} \sum_{k=i}^{k=m-1} \mathfrak{b}'_{ik}\, \mathfrak{x}_{m+i}\, \mathfrak{y}_{m+k}\,,$$

$$(\mathfrak{G}_{2.2}) \qquad v\sum_{i=1}^{i=m-1} \sum_{k=m+1}^{k=n-m-1} \mathfrak{b}'_{ik}\, \mathfrak{x}_{m+i}\, \mathfrak{y}_{m+k}$$

reducirt, in welchen die Coefficienten $\mathfrak{b}'_{ik}$ durch die Gleichungen:

$$\mathfrak{b}'_{ii} = \mathfrak{b}_{ii}, \quad \mathfrak{b}'_{ik} = \mathfrak{b}_{ik} - \mathfrak{a}_{i+1,k} \qquad (i < k;\ i = 1, 2, \ldots m-1)$$

definirt sind.

In dem einfachsten Falle, wo $n = 2m+1$, also jeder Coefficient $\mathfrak{a}_{ik}$ und $\mathfrak{b}_{ik}$, dessen zweiter Index k grösser als $2m$ ist, gleich Null

wird und demnach die mit $(\mathfrak{G}_{2,2})$ und $(\mathfrak{G}_3)$ bezeichneten Formen gar nicht vorhanden sind, hat man nur die Form $(\mathfrak{G}_{2,1})$ wegzuschaffen. Dies geschieht für jedes einzelne Glied:

$$\mathfrak{b}'_{ik}\,\mathfrak{x}_{m+i}\,\mathfrak{x}_{m+k} \qquad (i \leqq k)$$

durch die Substitution:

$$\mathfrak{x}'_g = \overline{\mathfrak{x}}_g + \mathfrak{b}_{ik}\,\mathfrak{x}_{m-g+i+k}\,, \quad \mathfrak{x}'_h = \overline{\mathfrak{x}} - \mathfrak{b}_{ik}\,\mathfrak{x}_{m-h+i+k}\,,$$

wobei im Falle $i+k \leqq m$:

$$g = 0, 1, \ldots i-1 \text{ und } h = k, k+1, \ldots k+i-1,$$

aber im Falle $i+k > m$:

$$g = i+k-m, i+k-m+1, \ldots i-1 \text{ und } h = k, k+1, \ldots m$$

zu nehmen ist. Hiermit ist also schon nachgewiesen, dass man jeder Schaar quadratischer Formen von $2m+1$ Variabeln:

$$u\phi + v\psi$$

die mit $(\mathfrak{G}_1)$ bezeichnete Gestalt geben kann:

$$\sum_{h=1}^{h=m} (u\mathfrak{x}_{h-1} + v\mathfrak{x}_h)\,\mathfrak{x}_{m+h}\,,$$

wenn zwischen den ersten Ableitungen von $u\phi + v\psi$ eine lineare homogene Relation besteht, in welcher die Coefficienten von der $m$ten Dimension in Beziehung auf u und v sind, aber keine solche Relation, deren Dimension in Beziehung auf u und v kleiner als m wäre.

An die hier zur leichteren Übersicht vorangeschickte Behandlung des einfachsten Falles lässt sich eine wesentliche Bemerkung anknüpfen. Setzt man nämlich:

$$u = \alpha u^0 + \gamma v^0\,, \quad v = \beta u^0 + \delta v^0$$
$$\phi^0 = \alpha\phi + \beta\psi\,, \quad \psi^0 = \gamma\phi + \delta\psi \qquad (\alpha\delta - \beta\gamma \gtrless 0)\,,$$

so ist die Schaar $u^0\phi^0 + v^0\psi^0$ mit $u\phi + v\psi$ identisch, und da man nun $u^0\phi^0 + v^0\psi^0$ auf die Gestalt:

$$\sum_{h=1}^{h=m} (u^0\mathfrak{x}^0_{h-1} + v^0\mathfrak{x}^0_h)\,\mathfrak{x}^0_{m+h}$$

bringen kann, so sieht man, dass zwei beliebig gewählte Grundformen einer Schaar von der angegebenen Beschaffenheit, d. h. also je zwei von einander wesentlich (nicht bloss durch einen constanten Factor) verschiedene Formen einer solchen Schaar, mittels einer und derselben linearen Substitution in die beiden Formen:

$$\sum_{h=1}^{h=m} \mathfrak{x}_{h-1}\,\mathfrak{x}_{m+h}\,, \quad \sum_{h=1}^{h=m} \mathfrak{x}_h\,\mathfrak{x}_{m+h}$$

transformirt werden können.

Da in dem jetzt zu behandelnden Falle, wo $n > 2m + 1$ ist, die oben mit $(\mathfrak{G}_2)$ bezeichnete Schaar quadratischer Formen nur $n - 2m - 1$ Variable enthält, so kann angenommen werden, dass hierfür schon Schaaren von der Gestalt $(\mathfrak{G}_1)$ gefunden seien, nach deren Subtraction von $(\mathfrak{G}_2)$ keine Schaar mehr übrig bleibt, oder nur eine solche $u\Phi + v\Psi$, deren Determinante von Null verschieden ist. Alsdann muss auch die Determinante der quadratischen Form Ψ von Null verschieden sein. Denn das Aggregat von $(\mathfrak{G}_1)$ und $(\mathfrak{G}_2)$ ist eine lineare homogene Function der m Variabeln $\mathfrak{z}_{m+1}, \mathfrak{z}_{m+2}, \ldots \mathfrak{z}_{2m}$ und also eine quadratische Form von eigentlich nur $2m$ Variabeln. Ebenso lässt sich in jeder der Schaaren von der Art $(\mathfrak{G}_1)$ die Anzahl der Variabeln um eine Einheit vermindern, wenn man lineare Transformationen mit Coefficienten, die von u und v abhängig sind, anwendet. Durch solche Transformationen ist hiernach, wenn l die Anzahl der von $(\mathfrak{G}_2)$ zu subtrahirenden Schaaren der mit $(\mathfrak{G}_1)$ bezeichneten Art bedeutet, die Gesammtzahl der Variabeln der Schaar $u\varphi + v\psi$ von n auf $n - l - 1$ zu reduciren, und es sind also die sämmtlichen Subdeterminanten $(n - l)$ter Ordnung des Systems der Coefficienten von $u\varphi + v\psi$ gleich Null, nicht aber diejenigen der $(n - l - 1)$ten Ordnung. Dagegen würden, wenn die Determinante jener quadratischen Form Ψ gleich Null wäre, auch alle Subdeterminanten $(n - l - 1)$ter Ordnung des Systems der Coefficienten von ψ verschwinden, während oben ausdrücklich vorausgesetzt worden ist, dass für $u = 0$ nur solche Subdeterminanten des Systems der Coefficienten von $u\varphi + v\psi$ verschwinden, welche für alle Werthe von u gleich Null sind.

Da die Determinante der quadratischen Form Ψ von Null verschieden ist, so kann man sich die Schaar $u\Phi + v\Psi$ auf die Form gebracht denken:

$$(5)\qquad u\sum_{i,k} A_{ik}\,\Xi_i\Xi_k + v\sum_k B_k\Xi_k^2 \qquad (i, k = 1, 2, \ldots \nu),$$

wo $\Xi_1, \Xi_2, \ldots \Xi_\nu$ lineare homogene Functionen der Variabeln $\mathfrak{z}_{2m+1}, \mathfrak{z}_{2m+2}, \ldots \mathfrak{z}_{n-1}$ mit Coefficienten des Rationalitätsbereichs der Schaar $(\mathfrak{G}_2)$ bedeuten. Ferner kann man als die vorerwähnten Schaaren von der Gestalt $(\mathfrak{G}_1)$ die folgenden annehmen:

[1] Die Möglichkeit der Transformation einer beliebigen quadratischen Form $F(x_1, x_2, \ldots x_n)$ in ein Aggregat von Quadraten linearer Functionen der Variabeln x mit Coefficienten des Rationalitätsbereichs der Form F folgt wohl am einfachsten daraus, dass zwischen den ersten Ableitungen der durch die Gleichung:

$$F(x_1, x_2, \ldots x_n) = \frac{1}{F(\xi_1, \xi_2, \ldots \xi_n)}\left(\frac{1}{2}\sum_{k=1}^{k=n} \xi_k \frac{\partial F}{\partial x_k}\right)^2 + f(x_1, x_2, \ldots x_n)$$

$$(\mathfrak{K})\qquad \sum_{\varkappa=1}^{\varkappa=\mu'}(u\xi'_{\varkappa-1}+v\xi'_{\varkappa})\xi'_{\mu'+\varkappa},\quad \sum_{\varkappa=1}^{\varkappa=\mu''}(u\xi''_{\varkappa-1}+v\xi''_{\varkappa})\xi''_{\mu''+\varkappa},\quad \ldots,$$

in denen $\xi', \xi'', \ldots$ lineare homogene Functionen der Variabeln $\mathfrak{x}_{m+1}$, $\mathfrak{x}_{2m+2}, \ldots \mathfrak{x}_{n-1}$ mit Coefficienten des Rationalitätsbereichs der Schaar $(\mathfrak{G}_3)$ sind. Hiernach kann die gegebene Schaar $u\phi + v\psi$ durch ein Aggregat von Ausdrücken:

$$(\mathfrak{G}'_1),\ (\mathfrak{G}_{2,1}),\ (\mathfrak{G}_{2,2}),\ (\mathfrak{H}),\ (\mathfrak{K})$$

dargestellt werden, und da die Schaaren $(\mathfrak{K})$ sämmtlich von der Gestalt $(\mathfrak{G}_1)$ sind, so ist nur noch zu zeigen, dass die mit $(\mathfrak{G}_{2,1})$, $(\mathfrak{G}_{2,2})$ bezeichneten Theile weggeschafft werden können.

Der mit $(\mathfrak{G}_{2,2})$ bezeichnete Theil sondert sich, wenn die Variabeln $\Xi, \xi', \xi'' \ldots$ an Stelle der Variabeln:

$$\mathfrak{x}_{m+k} \qquad (k = m+1, m+2, \ldots n-m-1)$$

eingeführt werden, in drei Theile, je nachdem die Variabeln Ξ oder ξ darin vorkommen, oder irgend welche von den Variabeln:

$$\mathfrak{x}_{m+k} \qquad (k = m+1, m+2, \ldots n-m-1),$$

die etwa nach Einführung der Variabeln Ξ, ξ noch zurückgeblieben sind. Bezeichnet man diese drei Theile bez. mit $(\mathfrak{G}'_{2,2})$, $(\mathfrak{G}''_{2,2})$, $(\mathfrak{G}'''_{2,2})$, so enthält

$(\mathfrak{G}'_{2,2})$ lauter Glieder $vC_{i\varkappa}\mathfrak{x}_{m+i}\Xi_{\varkappa}$ $\quad\begin{pmatrix} i=1,2,\ldots m-1 \\ \varkappa=1,2,\ldots \nu \end{pmatrix}$,

$(\mathfrak{G}''_{2,2})$ lauter Glieder $vc_{i\varkappa}\mathfrak{x}_{m+i}\xi_{\varkappa}$ $\quad\begin{pmatrix} i=1,2,\ldots m-1 \\ \varkappa=0,1,2,\ldots \mu \end{pmatrix}$,

oder $vc'_{i\varkappa}\mathfrak{x}_{m+i}\xi_{\mu+\varkappa}$ $\quad\begin{pmatrix} i=1,2,\ldots m-1 \\ \varkappa=1,2,\ldots \mu \end{pmatrix}$,

$(\mathfrak{G}'''_{2,2})$ lauter Glieder $v\mathfrak{c}_{ip}\mathfrak{x}_{m+i}\mathfrak{x}_p$ $\quad\begin{pmatrix} i=1,2,\ldots m-1, \\ p > 2m \end{pmatrix}$.

Aber Glieder der letzteren Art können nicht wirklich vorkommen. Denn da, der Voraussetzung nach, die Variabeln $\mathfrak{x}_p$ einzig und allein in dem mit $(\mathfrak{G}'''_{2,2})$ bezeichneten Theile der Schaar $u\phi + v\psi$ enthalten sein sollen, so würde die nach $\mathfrak{x}_p$ genommene partielle Ableitung der Schaar durch die Gleichung:

$$\frac{\partial(u\phi+v\psi)}{\partial\mathfrak{x}_p} = v\sum_{i=1}^{i=m-1}\mathfrak{c}_{ip}\mathfrak{x}_{m+i}$$

---

definirten quadratischen Form $f(x_1, x_2, \ldots x_n)$ die Relation besteht:

$$\sum_{k=1}^{k=n}\xi_k\frac{\partial f}{\partial x_k} = 0$$

dass also eben diese Form f in eine quadratische Form von $n-1$ Variabeln transformirbar ist. Dabei ist die Wahl der Grössen $\xi_1, \xi_2, \ldots \xi_n$ nur der Beschränkung unterworfen, dass $F(\xi_1, \xi_2, \ldots \xi_n)$ nicht gleich Null sein darf.

gegeben sein. Vermöge der Relation:

$$v^m \mathfrak{x}_{m+i} = \sum_{h=0}^{h=m-i} (-1)^h v^{m-h-1} u^h \frac{\partial (u\phi + v\psi)}{\partial \mathfrak{x}_{h+i}} \qquad (i=1,2,\ldots m-1)$$

würde also die Gleichung bestehen:

$$v^{m-1} \frac{\partial (u\phi + v\psi)}{\partial \mathfrak{x}_p} = \sum_{i=1}^{i=m-1} \sum_{h=0}^{h=m-i} (-1)^h v^{m-h-1} u^h \mathfrak{c}_{ip} \frac{\partial (u\phi + v\psi)}{\partial \mathfrak{x}_{h+i}},$$

d. h. es würde zwischen den ersten Ableitungen der Schaar $u\phi + v\psi$ eine lineare homogene Relation existiren, deren Coefficienten ganze homogene Functionen $(m-1)$ter Dimension von u und v wären. Dies widerspricht aber der gleich im Anfange dieses art. II gemachten Voraussetzung, dass zwischen den ersten Ableitungen der Schaar $u\phi + v\psi$ keine Relation bestehe, deren Coefficienten in Beziehung auf u und v von niedrigerer als der $m$ten Dimension wären.

Bei der oben angegebenen Darstellungsweise der Schaar $u\phi + v\psi$ können hiernach nur sechs von den sieben unterschiedenen Theilen vorkommen, nämlich:

$$(\mathfrak{G}_1') \qquad \sum_{h=1}^{h=m} (u\mathfrak{x}_{h-1}' + v\mathfrak{x}_h')\mathfrak{x}_{m+h},$$

$$(\mathfrak{G}_{2,1}) \qquad v\sum_{i=1}^{i=m-1} \sum_{k=i}^{k=m-1} \mathfrak{b}_{ik}' \mathfrak{x}_{m+i} \mathfrak{x}_{m+k},$$

und die oben mit $(\mathfrak{G}_{2,2}')$, $(\mathfrak{G}_{2,2}'')$, $(\mathfrak{H})$, $(\mathfrak{K})$ bezeichneten Theile, und es soll nunmehr in dem folgenden Abschnitte gezeigt werden, wie man durch lineare Transformation der Reihe nach $(\mathfrak{G}_{2,2}')$, $(\mathfrak{G}_{2,2}'')$, $(\mathfrak{G}_{2,1})$ wegschaffen kann.

III.

1. Die einzelnen Theile von $(\mathfrak{G}_{2,2}')$:

$$v\mathfrak{x}_{m+i} \sum_{\varkappa=1}^{\varkappa=\nu} C_{i\varkappa} \Xi_\varkappa$$

werden der Reihe nach für $i = m-1, m-2, \ldots. 1$ weggeschafft, wenn man die Substitution:

$$\Xi_\varkappa = \mathfrak{X}_\varkappa - \frac{C_{i\varkappa}}{2\mathfrak{B}_\varkappa} \mathfrak{x}_{m+i} \qquad (\varkappa = 1, 2, \ldots \nu)$$

$$\mathfrak{x}_{i-1} = \mathfrak{x}_{i-1}' + \sum_{\gamma,\varkappa} \frac{A_{\gamma\varkappa} C_{i\gamma}}{\mathfrak{B}_\gamma \mathfrak{B}_\varkappa} (\mathfrak{B}_\varkappa \Xi_\varkappa + \tfrac{1}{4} C_{i\varkappa} \mathfrak{x}_{m+i}) \qquad (\gamma, \varkappa = 1, 2, \ldots \nu)$$

der Reihe nach für $i = m-1, m-2, \ldots. 1$ anwendet. Denn wenn nur noch Theile von $(\mathfrak{G}_{2,2}')$ vorhanden sind, welche die Variabeln

$\mathfrak{x}_{m+1}, \mathfrak{x}_{m+2}, \ldots \mathfrak{x}_{m+i}$ enthalten, so fallen bei der angegebenen Substitution alle mit $\mathfrak{x}_{m+i}$ multiplicirten Glieder weg, während im Übrigen die Form der Ausdrücke;

$$(\mathfrak{G}_1'),\ (\mathfrak{G}_{2,1}),\ (\mathfrak{G}_{2,2}),\ (\mathfrak{H}),\ (\mathfrak{K}),$$

durch deren Aggregat die Schaar $u\phi + v\psi$ dargestellt ist, vollkommen erhalten bleibt.

2. Die einzelnen Glieder der zweiten Art von $(\mathfrak{G}_{2,2}'')$, nämlich:

$$vc'_{i\varkappa}\,\mathfrak{x}_{m+i}\,\xi_{\mu+\varkappa} \qquad \begin{pmatrix} i = 1, 2 \ldots m-1 \\ \varkappa = 1, 2 \ldots \mu \end{pmatrix}$$

werden durch folgende Substitution weggeschafft:

$$\mathfrak{x}_h' = \bar{\mathfrak{x}}_h + c'\xi_{\varkappa+\mu+i-h}, \quad \xi_\gamma = \bar{\xi}_\gamma - c'\mathfrak{x}_{m+i+\varkappa-\gamma},$$

wenn hierbei im Falle $i+\varkappa \leqq \mu$:

$$h = 0, 1, \ldots i-1; \quad \gamma = \varkappa,\ \varkappa+1,\ \ldots\ \varkappa+i-1$$

und im Falle $i+\varkappa > \mu$:

$$h = i-\mu+\varkappa,\ i-\mu+\varkappa+1, \ldots i-1; \quad \gamma = \varkappa, \varkappa+1, \ldots \mu$$

genommen wird.

Zur Wegschaffung derjenigen einzelnen Glieder erster Art von $(\mathfrak{G}_{2,2}'')$, nämlich:

$$vc_{i\varkappa}\,\mathfrak{x}_{m+i}\,\xi_\varkappa, \qquad (i = 1, 2, \ldots m-1),$$

in welchen $\varkappa$ nicht gleich Null ist, also nur einen der μ Werthe $1, 2, 3, \ldots \mu$ hat, dient die Substitution:

$$\mathfrak{x}_h' = \bar{\mathfrak{x}}_h + c_{i\varkappa}\,\xi_{\varkappa+h-i}, \quad \xi_{\mu+\gamma} = \bar{\xi}_{\mu+\gamma} - c_{i\varkappa}\,\mathfrak{x}_{m+i+\gamma-\varkappa},$$

wenn hierbei im Falle $i \leqq \varkappa$:

$$h = 0, 1, \ldots i-1; \quad \gamma = \varkappa-i+1,\ \varkappa-i+2, \ldots \varkappa$$

und im Falle $i > \varkappa$:

$$h = i-\varkappa,\ i-\varkappa+1, \ldots i-1; \quad \gamma = 1, 2, 3, \ldots \varkappa$$

genommen wird. In diesem letzteren Falle tritt aber an Stelle des weggeschafften Gliedes:

$$vc_{i\varkappa}\,\mathfrak{x}_{m+i}\,\xi_\varkappa$$

das Glied hinzu:

$$vc_{i\varkappa}\,\mathfrak{x}_{m+i-\varkappa}\,\xi_0,$$

und es ist nun eben noch zu zeigen, wie eines derjenigen Glieder erster Art von $(\mathfrak{G}_{2,2}'')$, in welchen $\varkappa = 0$ ist, also ein Glied:

$$vc_{i0}\,\mathfrak{x}_{m+i}\,\xi_0 \qquad (i = 1, 2, \ldots m-1)$$

wegzuschaffen ist.

Dies geschieht in der That durch die Substitution:

$$\mathfrak{x}'_h = \mathfrak{x}_h - c_{h0}\xi_{h-i}, \quad \xi'_{\mu+\gamma} = \xi_{\mu+\gamma} + c_{i0}\mathfrak{x}_{m+i+\gamma},$$

wenn:

$$h = i, i+1, \ldots m; \quad \gamma = 1, 2, \ldots m-i$$

genommen wird. Damit hierbei die als Indices von ξ vorkommenden Zahlen:

$$0, 1, 2, \ldots m-i$$

$$\text{und } \mu+1, \mu+2, \ldots \mu+m-i$$

nur beziehungsweise Werthe aus den Zahlenreihen:

$$0, 1, 2, \ldots \mu$$

$$\text{und } \mu+1, \mu+2, \ldots 2\mu$$

bekommen, ist die Bedingung $m - i \leqq \mu$ nothwendig und ausreichend, und diese ist erfüllt, da i nicht kleiner als 1 und μ sogar nicht kleiner als m sein kann. Denn wegen jenes Theiles der Schaar $u\varphi + v\psi$:

$$\sum_{\kappa=1}^{\kappa=\mu}(u\xi_{\kappa-1} + v\xi_\kappa)\,\xi_{\mu+\kappa},$$

in welchem allein die $2\mu+1$ Variabeln $\xi_0, \xi_1, \ldots \xi_{2\mu}$ vorkommen, findet zwischen den Ableitungen von $u\varphi + v\psi$ die Relation statt:

$$\sum_{\kappa=0}^{\kappa=\mu}(-u)^\kappa v^{\mu-\kappa}\,\frac{\partial(u\varphi + v\psi)}{\partial\xi_\kappa} = 0,$$

und da vorausgesetzt worden ist, dass keine solche Relation existire, welche in Beziehung auf u und v von niedrigerer als $m$ter Dimension wäre, so kann μ nicht kleiner als m sein.

3. Um endlich die einzelnen Glieder:

$$v\mathfrak{b}'_{ik}\mathfrak{x}_{m+i}\mathfrak{x}_{m+k}$$

des mit $(\mathfrak{S}_1)$ bezeichneten Theiles wegzuschaffen, hat man die schon oben im art. II bei der Behandlung des einfachsten Falles angegebene Substitution:

$$\mathfrak{x}'_g = \mathfrak{x}_g + \mathfrak{b}'_{ik}\mathfrak{x}_{m-g+i+k}, \quad \mathfrak{x}'_h = \mathfrak{x}_h - \mathfrak{b}'_{ik}\mathfrak{x}_{m-h+i+k}$$

für alle den Ungleichheitsbedingungen:

$$g \geqq i, \quad g > 0, \quad g < i+k \leqq m,$$

$$h \geqq k, \quad h \leqq i+k, \quad h \leqq m$$

genügenden Indices g, h anzuwenden.

Hiermit ist die im Anfange des art. II aufgestellte Behauptung vollständig erwiesen, und das erlangte Resultat kann auch in folgender Weise formulirt werden:

Jede Schaar quadratischer Formen:

$$\sum_{i,k} (ua_{ik} + vb_{ik})\, x_i x_k \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

lässt sich als ein Aggregat von Schaaren:

$$(\mathfrak{L}) \qquad \sum_{g,h} (uA_{gh} + vB_{gh})\, X_g X_h + \sum_q \sum_p (uX^{(q)}_{p-1} + vX^{(q)}_p)\, X_{p+M_q}$$
$$(g, h = 1, 2, \ldots M) \qquad (p = 1, 2, \ldots M_q;\; q = 1, 2, \ldots L)$$

so darstellen, dass die Determinante:

$$|uA_{gh} + vB_{gh}| \qquad (g, h = 1, 2, \ldots M)$$

von Null verschieden ist, und dass sowohl die Coefficienten der mit X bezeichneten linearen homogenen Functionen der n Variabeln x als auch die Coefficienten A_{gh}, B_{gh} demselben Rationalitätsbereich angehören wie die Coefficienten a_{ik}, b_{ik}. Aus dieser mit $(\mathfrak{L})$ bezeichneten Darstellung ist unmittelbar ersichtlich, dass zwischen den verschiedenen partiellen ersten, nach den n Variabeln x genommenen Ableitungen der Schaar:

$$\sum_{i,k} (ua_{ik} + vb_{ik})\, x_i x_k \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n)$$

genau L von einander linear unabhängige Relationen bestehen, deren Coefficienten die Variabeln u, v beziehungsweise in den Dimensionen M_1, M_2, ... M_L enthalten. Bedeutet nun l die Anzahl solcher Relationen, deren Coefficienten von u, v unabhängig sind, und r den Rang des Systems der Coefficienten:

$$ua_{ik} + vb_{ik} \qquad (i, k = 1, 2, \ldots n),$$

so bestehen die Gleichungen:

$$r + l + L = n, \quad l + M + M_1 + M_2 + \ldots + M_L = n,$$

und die Zahlen r, L, M, M_1, M_2, ... M_L sind also durch die Relation:

$$r + L = M + M_1 + M_2 + \ldots + M_L$$

mit einander verbunden.

(Fortsetzung folgt.)

Ausgegeben am 31. December.

Berlin, gedruckt in der Reichsdruckerei.


UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 02778 7616

